

GISELE ESCOURROU

CLIMATS ET TYPES DE TEMPS EN NORMANDIE

TOME I

THESE PRESENTEE DEVANT L'UNIVERSITE DE PARIS IV

— LE 24 MAI 1975 —

ATELIER
REPRODUCTION DES THESES
UNIVERSITE DE LILLE III
LILLE

DIFFUSION
LIBRAIRIE HONORE CHAMPION
7, QUAI MALAQUAIS
PARIS

1978

COMPOSITION DU JURY

- M. GUILCHER, *Président, Professeur à l'Université de Brest,*
- M. PEDELABORDE, *Rapporteur, Professeur à l'Université de Paris IV,*
- M. BIROT, *Professeur à l'Université de Paris IV,*
- M. BROCHET, *Inspecteur Général à la Météorologie Nationale,*
- M. DETTWILLER, *Inspecteur Général à la Météorologie Nationale,*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

GISELE ESCOURROU

CLIMATS ET TYPES DE TEMPS EN NORMANDIE

TOME I

THESE PRESENTEE DEVANT L'UNIVERSITE DE PARIS IV

— LE 24 MAI 1975 —

ATELIER
REPRODUCTION DES THESES
UNIVERSITE DE LILLE III
LILLE

DIFFUSION
LIBRAIRIE HONORE CHAMPION
7, QUAI MALAQUAIS
PARIS

1978



L'Atelier de Reproduction des Thèses décline toute responsabilité
touchant la qualité technique des documents qu'il reproduit.

La loi du 11 mars n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite" (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

ISBN 2 - 7295 - 0035 -9

© Gisèle ESCOURROU, 1978

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PEDELABORDE

En témoignage de ma
très grande reconnaissance.

INTRODUCTION

Une étude surtout régionale du climat

Un séjour de quatre années en Normandie nous a donné l'envie d'étudier le climat de cette région. Nous avons été encouragée dans cette voie par Monsieur le Professeur PEDELABORDE, que nous remercions tout particulièrement pour les excellents conseils qu'il n'a cessé de nous prodiguer pendant de longues années. Cette bienveillance à notre égard et un goût de plus en plus grand pour la climatologie nous ont poussée à transformer une thèse secondaire en thèse principale.

Il peut paraître bien présomptueux d'entreprendre une étude climatique de la Normandie après la brillante Thèse que P. PEDELABORDE a consacrée au Climat du Bassin de Paris. Il a décrit de façon probablement définitive les principaux mécanismes de la circulation atmosphérique et les types de temps qui leur sont liés. Notre contribution se situera à un plan beaucoup plus modeste : l'analyse des types de temps en fonction des diverses régions de Normandie. C'est autour de ce point de vue régional que va s'organiser l'étude climatique. Les autres chefs d'étude ne seront abordés

qu'accessoirement :

- échelle plus générale pour définir l'évolution du temps pendant les vingt années écoulées et chercher à mettre en valeur l'originalité du climat normand dans la zone océanique ;

- échelle locale pour examiner les nuances climatiques ici et là. Les renseignements qui permettent ce type de recherche sont malheureusement trop rares pour qu'une étude approfondie soit entreprise.

Avant d'aborder ce travail, il est nécessaire d'esquisser grossièrement le climat normand. Description sommaire puisque les recherches entreprises ont justement pour but une meilleure compréhension du ou des climats normands. D'autre part, les difficultés auxquelles nous nous sommes heurtée nous obligent à définir avec précision les méthodes assez variées que nous allons utiliser.

Ensuite, une étude précise sera possible. Elle portera :

- 1°- sur les éléments qui expliquent les variations des types de temps : masses d'air (origine et direction, fronts, situation en altitude, éléments qui se retrouvent dans tous les types de temps) ;
- 2°- sur les types de temps qui seront classés selon leur trajectoire ;
- 3°- sur les différences régionales.

Ces trois aspects de l'étude climatique permettent de comprendre la variation du temps au cours des années et selon les lieux, avec toutes les nuances souhaitables. Les facteurs qui expliquent ces variations seront dégagés peu à peu.

Bien entendu, la période pendant laquelle cette étude est entreprise ne représente qu'un moment d'une évolution plus longue. Une collecte de données plus anciennes sera entreprise chaque fois que ce sera possible.

Les difficultés que nous avons rencontrées pour mener à bien ces recherches sont surtout dues au très grand nombre des données que nous avons utilisées, aux déplacements trop fréquents de stations météorologiques, aux caractères ponctuels de ces observations.

Nous avons heureusement été aidée par les excellents conseils de notre Directeur de Thèse. D'autre part, la gentillesse que nous avons appréciée, dans tous les services de la Météorologie Nationale à Paris, à Lannion, dans les stations régionales ou les simples postes d'observations, au Centre Atomique de la Hague, dans les Bibliothèques ou les divers Services départementaux que nous avons visités, nous a beaucoup touchée. L'extrême dévouement qui nous a partout été témoigné nous a permis de mener à bien ces recherches. Que tous trouvent ici nos plus vifs remerciements.

P R E M I E R E P A R T I E

P R E L U D E A L ' E T U D E D U C L I M A T N O R M A N D

La Normandie est une province historique, et le climat normand n'a pas une originalité comme le climat breton. Il est donc intéressant de voir comment il apparaît aux yeux de ceux qui y vivent, comment les chiffres le situent par rapport aux climats voisins.

Les chiffres ne suffisent pas, d'ailleurs, pour donner une connaissance précise de tous les climats régionaux et locaux. Beaucoup de stations caractérisent, en effet, des sites semblables. De sorte que leurs valeurs, très voisines, laissent ignorer l'éventail véritable des nuances. Il est donc nécessaire de recourir, assez souvent, à des méthodes complémentaires d'investigation.

C h a p i t r e I

DESCRIPTION SOMMAIRE DU CLIMAT

Les descriptions d'ensemble du climat normand sont très rares et ne dépassent guère quelques lignes. Voici des exemples. Dans Bretagne et Normandie de W. DIVILLE et A. GUILCHER, le climat normand est essentiellement présenté comme un climat de transition entre celui de Bretagne et celui du Bassin de Paris. Dans son ouvrage sur la Bretagne, R. MUSSET étudie avec beaucoup de détails le climat dans un premier chapitre. L'ouvrage du même auteur sur la Normandie est muet à ce sujet.

Lz climat normand manque en effet d'unité. Au cours de mes nombreux séjours en Normandie, j'ai pu observer, tant au Nord qu'au Sud, sur les côtes ou à l'intérieur, des types de temps à peu près identiques. Les nuances sont souvent imperceptibles. Mais en s'accumulant, elles finissent par créer des régions climatiques bien différentes.

Cette ambiguïté du climat normand n'a pas empêché de nombreux écrivains et poètes de décrire le déroulement des saisons normandes mieux que je ne saurais le faire.

L'HIVER

"... La pluie ne tombait plus ; le jour commençait à venir, et, sur les branches des pommiers sans feuilles, des oiseaux se tenaient immobiles, hérissaient leurs petites plumes au vent froid du matin. La plate campagne s'étalait à perte de vue, et les bouquets d'arbres autour des fermes faisaient, à intervalles éloignés, des taches d'un violet noir sur cette surface grise qui se perdait à l'horizon dans le ton morne du ciel ..."

Gustave FLAUBERT : Madame Bovary.

Cf. aussi la Photo du Pays d'Auge N° 1, p. 1, Recueil des cartes et croquis.

La neige n'est pas absente. Dans La Forêt Normande,

Edouard HERRIOT décrit :

"(la) lutte des rameaux entre eux et des rameaux contre la tige, contre le poids de la neige qui accable la branche ..."

Edouard HERRIOT, La Forêt Normande, Hachette, 1925, p.

Longtemps, cette notation m'a semblé exagérée. Je me trompais. A l'automne 1969, un séjour dans la forêt d'Andaine m'a permis d'en comprendre l'exactitude (Photo du 6 Décembre 1969, N° 2, p. 1, Recueil des cartes et croquis).

LE PRINTEMPS

"Malgré la pluie récente et le ciel changeant à toute minute, je partis me promener seul ... Des flaques d'eau, que le soleil qui brillait n'avait pas séchées, faisaient du sol un vrai marécage ..."

Marcel PROUST, Du côté de chez Swann, Gallimard.

L'ÉTÉ

"D'un vert tout d'une pièce, l'été, sous des pluies fréquentes, gonflait les arbres épais, doublés par une ombre découpée. Les derniers boutons d'or

achevaient de disparaître, remplacés, quand il faisait beau, par les raies de soleil ..."

Lucie DELARUE-MARDRUS⁽¹⁾

L'humidité est constante, surtout dans des régions
comme le Pays d'Auge :

"Il règne sur ces plâtitudes, en été, une éternelle buée atmosphérique qui enrichit les étendues herbeuses, les pastellise, entoure d'un halo d'or le magnifique bétail qui s'y trouve ..."

Michel de SAINT-PIERRE⁽²⁾

Et pourtant, certaines années, la sécheresse peut
se faire cruellement sentir :

"Enfin, il va pleuvoir ... Depuis des jours et des jours, le brasier, l'incandescence du ciel s'acharnaient sur les espaces étonnés ; régnait une torpeur qui se résignait ; les prés se dissociaient, dépenailaient leur tapis de haute laine verte ; seules les touffes plus vigoureuses résistaient, les herbes mauves, et l'herbe ressemblait à du chaume. Un pauvre effort de rosée, à l'aube, et puis l'aridité stupéfiante courbait tout. Les sous-bois eux-mêmes s'étiolaient ... Il va pleuvoir. Cette nuit, le vent a changé de sens et de son ; le grondement occidental s'est élevé de l'obscur, un vent de mer qui fait ici le bruit de l'Océan. Un vent lourd et sombre quand le vent du beau temps, le vent d'Est, paraît vif et satiné ; un vent chargé d'humidités pesantes ...

"La pluie se précipite, percute de plus en plus fort ; ce sont de larges raies qui semblent continues, tirées à la mine de plomb, grosses comme des tuyaux de plumes ébarbées, des baguettes de verre qui explosent par la pointe ...

"... Une ondée, l'Ondée ... Le beau mot ! Il contient du mouvement, du vent, le grand air qui s'anime, des espaces bleus, des nuages blancs et ce doux chantonement des eaux qui fluent. L'ondée est estivale et traverse, harpée de soleil,

(1)- Lucie DELARUE-MARDRUS, texte cité par Michel de SAINT-PIERRE, La côte normande.

(2)- Michel de SAINT-PIERRE, La côte normande. La Table Ronde, Paris, 1963, p. II.

endiamantée ; elle galope ... L'ondée est l'écharpe froide de l'Eté, qu'il agite et secoue, pour s'amuser, pour se réjouir bientôt de l'arc-en-ciel somptueux, sagement multicolore, dont l'exaltation rapetisse toute la nature en faveur des cieux ...

"... La Normandie aime l'orage, qui chez nous est terrible et magnifique. On assure "qu'il détraque le temps", mais tout vaut mieux que cette insolation abrutie et abrutissante. On l'agrée comme un compagnon sévère. C'est assez redoutable à subir, à voir, à entendre. J'ai vu tournoyer sur nous des orages sept heures durant ... Et le vent se lève en ouragan. Je l'ai entendu venir dans un grondement lointain et universel des grandes escadres de bombardement en route pour l'Est jadis. Et cela dure parfois trois minutes terriblement annonciatrices, avant qu'il ne se rue, avant sa clameur, son rugissement, sa folie, ses convulsions ; avant l'arbre qui ploie, qui craque, avant le bouleversement sans nom des ramures, le pâlisement subit du paysage d'arbres dont toutes les feuilles sont retournées.

"Alors les grandes eaux, celles-ci loin d'être bénignes et riantes. Une rage, des trombes liquides, des cataractes ; d'effarants rideaux propulsés, l'obliquité des draperies de pluie que secoue l'orage, qu'il anime d'une extraordinaire ondulation, de houles, de festons épais ...

"Après, ce fut splendide. Soleil radieux et chants de la terre qui se gorge, qui se saoule, qui déglutine à plein gosier, dont tous les pores absorbent, qui pompe, lappe et renvoie ..."

LA VARENDE (1)

Cette citation est un peu longue, mais elle m'a beaucoup frappée : quelques jours avant de lire ces lignes, je "subissais", moi aussi, un orage qui dura de quatorze à vingt heures, à Dieppe, en mai 1970. On parle trop de crachin pour ces climats océaniques et pas assez de ces fortes pluies qui sont plus fréquentes qu'on ne croit. Il n'y a pas de régions de Normandie qui ne gardent la trace d'orages dévastateurs : arbres abattus de la Forêt de Lyons,

(1) - LA VARENDE, La Normandie en fleurs, La Palatine, Paris, 1950, p. 209-215.

tornade à Evreux, poteaux arrachés dans le Cotentin ...

L'AUTOMNE

Certes, le crachin existe en toutes saisons, mais il aime particulièrement l'été et l'automne. Laissons Renée

MAUGER-KAUFFMANN le décrire :

"Léger, fin, régulier, énervant, monotone,
Il vient du Pays d'Auge et va vers l'Avranchin,
Suintant l'humidité dans sa cape fluide,
Laisant couler les pleurs sur sa face livide.
Qu'il est triste, ô Normands, votre éternel crachin !

Sa poussière ténue, aveuglante, impalpable,
Se faufile, s'infiltré en hôte indésirable.

.....

De la pluie ?... Allons donc !! Ce n'est rien,
il crachine.

....." (1)

"Dans le parc fourni, les feuilles sont tombées.
C'est l'automne. Il fait froid. De blanchâtres nuées
Glissent furtivement dans un ciel triste et gris.
Et toujours le vent siffle à ras du sol, surpris
De ce long crissement de feuilles qu'il entraîne
Et qui semble isoler un peu plus chaque chêne". (2)

"Les pluies de fin d'Automne se sont établies,
lentes avec des arrêts profitables dans leur
régularité ; il pleurniche, tout se fond, se liquéfie
vaporeusement ..." (3)

Dans tous ces extraits, des thèmes reviennent sans cesse : le vent et surtout la pluie, l'humidité de l'air

(1)- Crachin normand, poème cité dans les "Poètes bas-normands, morceaux choisis", Jean-Louis VANEILLE, Editions de Scripta, p. 181.

(2)- Wilfrid LUCAS, L'automne. La Cité Bleue (même recueil, p. 156).

(3)- La VARENDE, La Normandie en fleurs.

même quand le soleil brille. Pour beaucoup de Français, la Normandie, la "verte" Normandie, est une des régions les plus arrosées de France. Combien de fois m'a-t-on regardée avec commisération lorsqu'on apprenait mon départ en vacances vers la Normandie !

Que nous disent les chiffres ? Comparons les stations normandes à celles du reste de la France. Sur les quelque 827 stations répertoriées dans Le Mémorial N° 50 de la Météorologie Nationale, une vingtaine seulement ont une pluviosité inférieure à celle de Conches. Faisons la moyenne des précipitations des stations relevées pour chaque département dans le Mémorial 50, dans toute la France ; onze départements seulement sont moins pluvieux que l'Eure : le Nord, les départements du centre du Bassin de Paris et les Pays de la Loire, les Bouches-du-Rhône.

Pluviosité moyenne pour les 6 stations de l'Eure : 665 mm	
6	de l'Orne : 880 mm
12	de la Manche : 957 mm
15	du Calvados : 807 mm
9	de Seine-Maritime : 795 mm

La pluviosité moyenne des départements bretons est assez voisine :

- Loire-Atlantique	735 mm
- Ille-et-Vilaine	770 mm
- Côtes-du-Nord	771 mm
- Morbihan	805 mm
- Finistère	993 mm

La moyenne des précipitations annuelles pour les 48 stations normandes et les 53 stations bretonnes répertoriées dans le Mémorial N° 50 est pratiquement la même :

- 834 mm pour la Normandie,
- 837 mm pour la Bretagne.

Il ne faut pas attacher trop d'importance à ces chiffres. Ils ont été cités surtout pour souligner le contraste entre des quantités de pluie moyenne et une impression de pluie perpétuelle, impression créée par le très grand nombre de jours de précipitations, en moyenne un jour sur deux :

- 163 jours au Cap de La Hague,
- 184 jours à Coulouvray-Boisbenâtre,
- la station la plus arrosée de Normandie,
- 201 jours à Brest-Guipavas,
- 164 jours à Paris-Saint-Maur.

Le nombre moyen d'heures de précipitations est encore plus frappant peut-être :

- 825 heures à Caen pendant la période 1955-1962
- 1119 heures à Cherbourg
- 881 heures à Rouen
- 1363 à Brest
- 776 à Paris-Le Bourget
- 641 à Nice
- 479 à Marseille.

La durée des précipitations, importante à Cherbourg, l'est beaucoup moins dans les autres stations normandes. Notre région occupe bien une place de transition entre La Bretagne et le Bassin Parisien.

L'intensité des précipitations est une notion intéressante pour de nombreuses raisons :

1°- une faible quantité de pluie qui tombe sous forme de crachin peut gêner considérablement la vie des touristes en été et causer beaucoup plus de désagréments qu'une quantité de pluie double mais qui s'écoulerait en un quart d'heure.

2°- les pluies fines sont, par contre, beaucoup plus bénéfiques pour les cultures que de fortes averses.

3°- des pluies d'intensité moyenne alimentent beaucoup mieux les sources.

Le croquis p. 2 Recueil des cartes et croquis (Abréviation R.P.) montre le pourcentage des jours de précipitations en fonction de leur intensité.

La distribution du nombre de jours de précipitations selon l'intensité, pendant la période 1951-1960, est assez significative : des quatre stations, Cherbourg est celle qui compte le plus petit nombre de jours qui reçoivent moins de 1 millimètre. Le nombre de jours de pluies moyennes ou fortes y est plus proche de celui de Marseille que de celui de Paris-Montsouris.

Cette comparaison effectuée entre stations connues n'est pas très valable, car le chiffre des précipitations est par trop différent pour ces quatre stations. Comparons six stations dont la pluviosité moyenne varie entre 650 et 750 mm :

Ouessant

Dieppe

Caen-Carpiquet

Beauvais

Nancy

Toulon-la-Mitre.

Il est impossible de choisir une station de la région parisienne car la pluviosité y est trop faible. Beauvais et Nancy occupent des situations un peu périphériques.

Le croquis (Rp 3) montre :

1°- L'intensité très variable des précipitations d'une station à l'autre, même dans une seule province : Dieppe a un comportement assez proche de celui de Cherbourg avec peu de pluies faibles. A Caen, comme à Beauvais ou à Ouesant, les pluies fines et moyennes sont beaucoup plus importantes et se rapprochent du type parisien. Les fortes pluies sont plus fréquentes à Dieppe qu'à Caen. Les pluies très faibles sont rares à Dieppe, davantage même qu'à Toulon. Mais la station est particulièrement exposée au vent et il est possible que les très faibles pluies ne soient pas comptabilisées pour cette raison.

2°- La faible différence entre les intensités des pluies en Normandie et sur les régions voisines. Les précipitations de 1 à 5 millimètres sont les plus fréquentes. Les pluies supérieures à 5 millimètres en 24 heures se produisent plus souvent que celles inférieures à 1 millimètre. Les journées de Crachin ne sont donc pas un phénomène caractéristique du climat normand. Contrairement à l'opinion la plus courante, la fréquence des pluies faibles, inférieures à 1 millimètre, est plus élevée à Toulon qu'à Dieppe ou à Caen.

Le nombre moyen de jours de grêle est un peu plus important que dans le Bassin Parisien (1 à 5) et ressemble à celui que l'on compte en Bretagne (chiffre variable selon les stations, 1 à 14).

- 3 à 5 jours le plus souvent.

Pour la période 1951 à 1960, le nombre de jours de grêle atteint :

3,1 au Cap de la Hague
3,4 à la Hève
3,5 à Deauville et à la Pointe du Roc
4,1 à Rouen
5,1 à Alençon
5,3 à Caen
10,7 à Cherbourg.

Soulignons encore deux caractères fréquents du climat océanique pur :

A- Les chutes de neige, un peu plus nombreuses qu'en Bretagne, restent rares :

14 jours à Alençon
5 " à la Pointe du Roc
de 1,9 à 9 en Bretagne
de 10 à 18 dans le Centre du Bassin de Paris
pour la période 1951-1960 (moyenne annuelle).

B- Les orages sont rares. Pendant la même période, le nombre moyen de jours d'orage a varié de 5 au Cap de la Hague à 18 pour la station de Caen-Carpiquet.

En Bretagne : 3,2 (Pointe du Raz) à 19 (Dinard) ; dans le Centre du Bassin de Paris de 12 à 22.

Les chiffres concernant la Bretagne et le Bassin de Paris ont été constamment cités. Ils mettent, en effet, bien en valeur ce caractère de transition du climat normand. Les mêmes caractères apparaissent pour les températures.

Notons :

1°- la douceur du climat océanique. La température moyenne annuelle s'échelonne de 10°2 (Alençon) à 11°4 (Cherbourg) pour la normale 1931-1960 établie par M. GARNIER⁽¹⁾ ; La moyenne des minima de Janvier varie de 0°1 (Alençon) à 4°4 (Cherbourg). L'amplitude annuelle est médiocre : 10°2 à Cherbourg, 14°4 à Alençon.

2°- l'aspect de transition déjà signalé :

	Température moyenne					
	Janvier	Février	Juillet	Août	Annuelle	Amplitude
CHERBOURG	6°4	6°2	16°6	16°8	11°4	10°6
CAEN	4°3	4°6	17°	17°	10°5	12°7
ALENÇON	3°	3°9	17°4	17°1	10°2	14°4
B REST	6°1	6°	15°7	16°1	10°8	9°7
PARIS- LE BOURGET	3°2	4°	19°1	18°7	11°1	15°9

Cherbourg, comme Brest, a ses minima de température en Février, ses maxima en Août (Croquis Rp. 4).

Le nombre de jours de gel sous abri a été, en moyenne, pour la période 1931-1960, de 9 jours par an à Cherbourg et de 69 à Alençon (Bretagne de 4 à 43, Région Parisienne de 30 à 71).

Les très fortes chaleurs et les grands froids restent

51)- Mémorial de la Météorologie Nationale N° 50.

exceptionnels : à Cherbourg-Chantereyne, de 1930 à 1966, date de fermeture de la station, il y a eu seulement deux jours où la température a été inférieure à moins 10° : le 22 Février 1948 et le 20 Janvier 1963. Les vaches normandes passent, souvent, la quasi-totalité de l'hiver dehors, tout au moins en Basse-Normandie.

Les grandes calamités en Normandie sont essentiellement dues à la violence du vent. Si l'intérieur paraît moins soumis au vent en Normandie qu'en Bretagne, sur la côte au contraire les vents peuvent être aussi forts : le pourcentage des vents égaux ou supérieurs à 7 mètres-seconde atteint : 46,5 % à la Hève, 24 % à Cherbourg, 32,4 % à Brest, 19,2 % au Bourget.

Ces chiffres ne représentent que des moyennes et la réalité offre plus de contrastes.

Prenons comme exemple Cherbourg. Les journées froides sont rares. Il a fallu le rude hiver 1962-1963 pour que les minima de températures soient inférieurs à 0° dix jours de suite. Et encore, dans la journée, la température remonte au-dessus de 0° ; pendant la matinée, la brume ou le brouillard restreignent la visibilité à quelques centaines de mètres. Quelques jours plus tard, le temps est devenu doux, les températures varient de 8° à 12°, le crachin fait son apparition, pendant 8 heures 40, il ne tombe que 0,5 mm. (27 Décembre 1962). Mais beaucoup plus fréquemment, les températures sont un peu moins élevées, 6 à 10°, et la bruine est remplacée par de la pluie ; le

vent est plus fort. Quelquefois, un grain survient, avec ses vents violents, 16 m/s ou plus, la chute de température pouvant atteindre un ou deux degrés en quelques minutes. En été, on observe des types de temps identiques, avec un peu plus de bruine, un peu moins de pluie ; les longues journées pluvieuses, aux températures fraîches de 14 à 18°, ne sont pas rares. Certains mois, au contraire, ce sont les journées ensoleillées qui l'emportent, parfois chaudes (20 à 25°), le plus souvent fraîches (15 à 20°), et éventées. L'extrême variabilité des types de temps est un caractère bien océanique.

Cette succession n'existe pas avec les mêmes aspects dans toute la Normandie. Ce caractère de "région de transition" entre un climat océanique et un climat déjà marqué par les influences continentales comme le Bassin de Paris, explique des variations assez grandes d'une région à l'autre, moins dans les températures que dans la quantité et surtout le régime des précipitations.

Les écarts les plus importants entre les stations surviennent :

- pour les minima de température, en hiver,
- pour les maxima, en été.

La plus grande différence existe entre Cherbourg et Evreux (5° en moyenne). Les écarts sont moindres entre Cherbourg et Alençon (4° environ).

Exemples d'écarts de température entre les stations.

	<u>Moyenne des Minima</u>		<u>Différence</u>	<u>Minimum absolu</u>		<u>Différence</u>
	Cherbourg	Alençon		Cherbourg	Alençon	
Janvier 1960	1°1	0°1	1°	- 1°3	- 14°	12°2
Février 1960	4°5	0°6	3°9	- 1°8	- 9°9	8°1
Décembre 1960	4°7	1°2	3°5	- 0°5	- 5°9	5°4
Janvier 1961	4°4	1°2	3°2	0°5	- 4°2	4°7
Février 1961	6°2	4°	2°2	2°6	- 1°1	3°7
Décembre 1961	4°7	1°8	2°9	- 1°8	- 7°1	5°3
Janvier 1962	5°4	2°7	2°7	- 2°4	- 6°	3°6
Février 1962	4°7	1°	3°7	- 1°9	- 5°8	3°9
Décembre 1962	3°2	- 1°7	4°9	- 4°	- 10°1	6°1
Janvier 1963	-0°4	- 5°2	4°8	-10°1	- 13°1	3°
Février 1963	-0°2	- 5°9	5°7	- 5°1	- 18°	12°9
Décembre 1963	2°9	- 1°3	4°2	- 6°6	- 10°	3°4
Janvier 1964	3°2	- 2°2	5°4	- 4°	- 12°4	8°4
Février 1964	5°2	2°6	2°6	- 1°	- 4°	3°
Décembre 1964	5°1	0°	5°1	- 1°3	- 17°	15°7

Le tableau précédent aurait pu être allongé. Tel quel, il est suffisamment instructif :

1°- D'un mois à l'autre, la différence entre deux stations peut être très variable. Cette différence est parfois énorme, comme les 28 et 29 Décembre 1964.

Rouen	- 0°7 le 28,	- 9°3 le 29 Décembre
La Hève	- 6°	- 3°
Caen	- 5°5	- 7°2
Alençon	- 8°2	- 17°
Cherbourg	- 1°3	- 0°3

Pour la journée du 29, l'écart entre Cherbourg et Alençon atteint 16°7. Cette journée constitue, bien entendu, une exception, mais des différences de 6 à 8° sont fréquentes.

2°- Dans l'ensemble, la différence est moindre par temps doux que par temps froid ; mais ce n'est pas une règle obligatoire : le 20 Janvier 1963, jour exceptionnellement froid à Cherbourg, il n'y a eu que 3° d'écart entre Cherbourg et Alençon : - 10°1 et - 13°1.

La carte (Rp 5) de l'écart moyen des minima de Janvier et de Février entre Cherbourg et les autres stations est significative : seul, le Cotentin est beaucoup plus chaud que le reste de la Normandie ; la côte du Calvados, quoique située plus au Sud que celle de la Seine-Maritime, n'est guère plus favorisée ; l'intérieur est beaucoup plus froid, surtout la région de l'Eure. La continentalité semble jouer le rôle dominant ; mais dans le détail, les anomalies sont assez nombreuses : Argentan est, par exemple, plus froid qu'Alençon.

Janvier et Février d'une part, Juillet et Août d'autre part, ont été choisis de préférence à un seul mois d'hiver ou d'été : selon les lieux, le minimum ou le maximum de température surviennent à des dates différentes (influence de la mer).

La carte de l'écart moyen des maxima de température de Juillet et d'Août (Carte Rp 6) entre Cherbourg et

les autres stations⁽¹⁾ est un peu différente de la précédente : la température n'augmente pas parallèlement à la côte : l'Avranchin, par exemple, est beaucoup plus chaud que la région de Cherbourg ou de la Hague ; la partie Est de la Normandie présente l'écart le plus grand, avec Cherbourg.

La carte de l'amplitude des températures (Carte Rp 7) montre à peu près les mêmes aspects : l'amplitude est très faible dans la partie Nord du Cotentin ; elle augmente progressivement du Nord-Ouest au Sud-Est. Si l'influence de la côte apparaît très nettement, de nombreux points de détail restent à expliquer. La presque-île du Cotentin mise à part, les différences de température entre les diverses régions de Normandie demeurent faibles, surtout en été. Le Cotentin apparaît un peu comme une région climatiquement différente, plus proche de la partie occidentale de la Bretagne, voire de certaines îles.

Les variations des précipitations sont beaucoup plus considérables, tant pour les quantités que pour les régimes :

584 mm à Conches,

1300 mm à Vengeons.

Les régions les plus arrosées ne posent guère de

(1)- Dans cette partie, nous avons tenu à nous servir des données les plus accessibles et le plus souvent utilisées. Or pour la période 1931-1960, il n'existe que 5 stations. C'est pour la période 1891-1930 que les chiffres de température sont le plus nombreux (et bien des auteurs les utilisent encore !). Aussi les cartes 1-2-3 ont-elles été réalisées d'après ces chiffres. Mais pour que ces cartes gardent le plus d'actualité possible, nous avons éliminé les chiffres absolus pour ne conserver que les différences entre les stations et l'amplitude. Les écarts sont, au reste, très faibles.

problèmes : lieux élevés, bordure occidentale de la Normandie (Carte Rp 8).

Les parties sèches sont beaucoup plus curieusement réparties : la côte orientale du Cotentin, une bande centrale correspondant à la Campagne de Caen et à la vallée de la Dives, la fraction la plus importante s'élargissant en éventail vers le Sud, de l'Ouest de la Risle au Nord de la Seine.

La répartition des pluies au cours de l'année va varier du Sud-Est au Nord-Ouest : il y a peu d'écart entre les divers mois dans l'Eure ; par contre, dans la région de Cherbourg, si l'hiver, et secondairement l'automne, sont très arrosés, le printemps et le début de l'été restent assez secs : 35 mm en Mars à Conches, mois le plus sec ; 55 en Août et Septembre, mois les plus arrosés ; à Cherbourg : 39 mm en Juin, 133 en Novembre. Entre ces deux extrêmes, les types de régime sont extrêmement variés : un seul phénomène est commun : le Printemps est la saison la plus sèche. Une carte représentant la répartition des pluies selon les saisons comme avait tenté de faire R. MUSSET (La distribution des pluies en France selon les saisons)⁽¹⁾, n'a guère de signification en Normandie car il y a trop peu d'écart entre l'automne et l'hiver ; les variations d'une année à l'autre sont extrêmes et les résultats obtenus par R. MUSSET sont totalement différents de ceux qu'on trouverait avec les moyennes 1930-1960 : l'hiver est désormais la saison la plus arrosée dans l'Orne et une grande partie du Cotentin au lieu de l'automne ; les mois le plus arrosés sont Novembre, Décembre et Janvier ; les quantités respec-

(1) - Ann. Géogr. 1943, pp. 264-283.

tives des précipitations de ces trois mois varient d'une année à l'autre et par suite, les places de l'automne et de l'hiver. On pourrait diviser les précipitations au cours de l'année en trois groupes :

1°- D'Octobre à Février, 5 mois pluvieux avec de très fortes variations d'intensité d'un endroit à l'autre :

251 mm à Conches

535 mm à Cherbourg.

2°- De Mars à Juillet, 5 mois relativement secs avec peu d'écart entre les stations si on met à part les stations plus élevées, toujours plus arrosées :

230 mm à Conches

246 mm à Cherbourg.

Les extrêmes pour les stations inférieures à 200 mètres varient de 336 millimètres à Bolbec (station fort arrosée, recevant plus de 1.000 millimètres) à 206 mm (La Hague). La très grande majorité des stations reçoivent entre 230 et 260 millimètres.

3°- Août et Septembre, moyennement arrosés, dont la pluviosité change énormément d'une année à l'autre :

110 mm à Conches

113 mm à La Hague

175 mm à Brix, station peu éloignée de La Hague.

Ce dernier exemple montre l'insuffisance de la position de la station à l'intérieur de la Normandie pour expliquer les variations de la pluviosité ; de nombreux phénomènes locaux interviennent. Ces moyennes dissimulent une

réalité très complexe : selon le type de temps, la pluviosité varie d'une région à l'autre de la Normandie. Les cartes (Rp 9 et 10) montrent la répartition des pluies, très différente du 4 au 7 Février 1951 et du 10 au 13 au cours du même mois. Ces exemples ont été choisis au hasard et auraient pu être multipliés.

Du 4 au 7 Février 1951, les pluies ont été importantes, sauf dans la partie médiane où la pluviosité a été très faible :

2,3 mm à Lisieux
4,1 mm à Deauville Saint-Gatien
2, 6 mm à Rouen-Rouvray
35,5 mm à Ganzeville dans le Pays de Caux
31,1 mm à Alençon-Walframbert
57,7 mm à Cherbourg-Chantereyne
53,1 mm à Brix.

La répartition des pluies est tout à fait différente dans la seconde carte (10 au 13 Février 1951) et s'ordonne beaucoup plus simplement : les précipitations augmentent régulièrement de l'Ouest vers l'Est :

0 mm à Barfleur, Bayeux, Saint-Hilaire du
Harcouet ...
1,6 mm à Cherbourg
7,3 mm à Caen-Carpiquet
21,7 mm à Honfleur
33,7 mm à Rouen
30,3 mm à Pavilly

La moyenne mensuelle reflète mal cette addition de types de temps différents ; ce mois-là, Rouen et La Hague ont reçu la même quantité d'eau :

Rouen : 80,2 mm représentent 146 % du total moyen d'un mois de Février,

La Hague : 88,8 mm 153 %

Ces chiffres de précipitations ne proviennent pas des mêmes temps, comme l'indiquent les deux cartes. Certaines stations ont du reste une pluviosité différente de celles des régions environnantes.

La circulation atmosphérique valable pour l'Europe occidentale donne une tonalité d'ensemble au temps normand, mais chaque région réagit différemment. Un des buts essentiels de cette thèse, en dehors de l'étude de la circulation, est justement de faire la carte des comportements des stations à l'égard des divers types de temps. Ce comportement différent peut sans doute expliquer aussi les variations des conditions climatiques au cours des diverses décades, en fonction du plus ou moins grand nombre de certains types de temps. Nos trois principales préoccupations apparaissent dès lors nettement :

1^{re} - Etude des types de temps et de la circulation régionale à l'échelle de la Normandie.

2^{de} - Etude du comportement des diverses régions vis-à-vis des types de temps avec l'ébauche d'une climatologie

régionale, sinon locale.

3°- Etude de l'évolution climatique : les diverses régions réagissent différemment, en liaison avec l'évolution de la circulation générale au cours des années.

C h a p i t r e I I

PROBLÈMES D E M É T H O D O L O G I E

Une étude régionale du climat suppose acquis certains résultats :

- chiffres précis, groupés en longue série, concernant tous les éléments du temps : température, pluviosité, vents, insolation, évaporation ...
- stations suffisamment nombreuses, réparties sur des sites divers : vallées, plateaux, forêts, pentes orientées de différentes façons ...
- installations bien équipées, exploitées par un personnel qualifié.

Ces conditions ne sont malheureusement pas réalisées en Normandie. Les principaux problèmes qui vont se poser concernant la rareté, la mauvaise répartition des stations d'observation bien équipées, et la difficulté de trouver des limites climatiques précises.

I- RARETÉ ET MAUVAISE RÉPARTITION DES STATIONS D'OBSERVATION
BIEN ÉQUIPÉES.

Les renseignements les plus complets sont fournis par les stations de la Météorologie Nationale qui disposent d'un personnel permanent et qualifié et d'installations répondant à des normes précises soigneusement élaborées. Les éléments collectés sont nombreux :

Températures (minimum, maximum, température du sol),

Etat hygrométrique de l'air,

Nébulosité, visibilité,

Précipitations, orages ou autres météores,

Insolation, évaporation,

Pressions et vents.

Les relevés tri-horaires permettent une étude de détail. La répartition exacte des précipitations au cours de la journée facilite, par exemple, l'analyse de l'influence d'une perturbation. Certains détails sont parfois notés avec une extrême précision, comme ce relevé du 5 Janvier 1958 à Cherbourg :

"Grain de 13.22 à 13.37, durée 0 h.15, CB venant W, vent maximum W 15 m/s, vent après le grain W, Disparition CB vers E, baromètre variation +07, pression finale 992,2, hygromètre variation + 11, valeur finale 93, thermomètre variation - 1°2, valeur finale + 7°5, grêle de 13.22 à 13.27, diamètre grêlons 3 mm".

Ce petit exemple nous montre l'importance des renseignements fournis par ces stations.

Toutes les données citées ci-dessus ne sont pas relevées partout. La température du sol n'est observée que dans la moitié des stations. A Cherbourg-Chantereyne, 11

n'existait pas d'héliographe. C'est une lacune fort grave si l'on veut étudier l'influence de la proximité de la Mer sur l'insolation. Même les installations bien équipées posent parfois des problèmes. A Alençon-Valfrembert, des arbres sont assez proches de l'héliographe. Ils risquent d'intercepter une partie des rayons lumineux en hiver, au soleil levant.

Les appareils enregistreurs ne sont pas les mêmes dans toutes les stations. C'est une cause d'erreur possible si l'on compare des bandes enregistrées d'une station à une autre ou d'une période à une autre, dans une même station. Le remplacement d'un type d'appareil par un autre peut être une cause d'erreur. Nous avons vu, dans une station météorologique (ce n'était pas une station normande), une différence de 3°, au même moment, entre les indications de deux thermomètres de type différent. La vitesse du vent intervient. Lorsque le vent est trop faible, la ventilation se fait mal dans l'abri météorologique et une erreur de 10 % peut se produire. Il est très difficile, par contre, de mesurer la quantité des précipitations lorsque le vent est trop fort. Même dans les stations très bien équipées, les causes d'erreur sont donc nombreuses.

Le petit nombre des stations dépendant de la Météorologie Nationale est un défaut beaucoup plus important : Rouen-Rouvray, Alençon-Valfrembert, Caen-Carpiquet, Deauville-Saint-Gatien, Cherbourg-Chantereyne remplacée par Cherbourg-Maupertus. Certes, ces cinq stations sont assez bien réparties dans toute la Normandie. Mais,

annexées à des aérodromes, elles ont un site un peu trop identique : plaines ou plateaux assez dégagés qui ne représentent qu'un aspect bien particulier et un peu limité du relief de la Normandie.

Le problème posé par le changement de lieu des instruments de Cherbourg permet de mettre en évidence la complexité d'une étude climatique régionale. Cherbourg-Chantereyne (8 mètres d'altitude, à proximité de la mer) a cessé de fonctionner en 1966. Une nouvelle station a été créée en 1956 à Maupertus, à une quinzaine de kilomètres, sur un plateau de 135 mètres, à faible distance de la mer. Pour comparer avec les autres centres, il serait intéressant de pouvoir assimiler les deux séries de chiffres. Est-ce possible ? La comparaison de la pluviosité des trois stations de la côte Nord du Cotentin est assez significative. Les sémaphores de Barfleur, de la Hague et Cherbourg-Chantereyne ont des sites semblables : proximité immédiate de la mer, altitude inférieure à 10 mètres. La comparaison de leur pluviosité pour le mois de Février 1953, mois choisi au hasard, fait ressortir deux points importants :

1°- L'étude du croquis R p. 11 montre la coïncidence des périodes sèches et des périodes pluvieuses dans les trois stations. A la Hague, il existe quatre jours de précipitations supplémentaires, mais celles-ci sont négligeables (moins d'un millimètre).

Cette coïncidence est normale : la circulation atmosphérique s'organise à l'échelle de l'Europe occidentale.

L'influence d'une perturbation dépasse largement le cadre de la Normandie. A cette échelle, la différence entre les diverses stations peut paraître de faible importance. Aussi, lorsqu'il s'agira d'étudier les types de temps qui se sont manifestés de 1951 à 1970, le choix des quatre stations pour lesquelles existent les renseignements les plus nombreux suffira-t-il. Caen-Carpiquet, Alençon-Val-frembert, Rouen-Rouvray seront mis en parallèle avec Cherbourg-Chantereyne jusqu'en 1966, avec Maupertus après. Mais les moyennes effectuées pour ces deux postes seront traitées séparément.

2°- En effet, au niveau de la Normandie, les différences sont trop importantes pour que les résultats trouvés à Maupertus ou à Chantereyne soient assimilés. Pour la région du Nord Cotentin, le 8 Février 1953, par exemple, les précipitations ont atteint :

- 12,6 mm à Cherbourg-Chantereyne (ce qui est beaucoup),
- 4,9 mm à la Hague (ce qui est moyen),
- 2 mm à Barfleur (ce qui est peu).

Aussi, il semble plus utile de comparer les résultats à Cherbourg-Chantereyne et à Maupertus pendant la période où les deux stations ont fonctionné conjointement. Les enseignements tirés de cette comparaison permettront, peut-être, une meilleure compréhension des nuances climatiques régionales ou locales si difficiles à déceler faute de renseignements.

Une communication faite au Congrès de la Mer, à

Dinard, en Mai 1972, a montré un certain nombre de différences entre les deux stations. Nous les résumons ici :

1°- La différence de température entre les deux stations est plus élevée que le gradient thermique moyen : $1^{\circ}3$ au lieu de $0^{\circ}8$ pour 135 mètres, uniquement pour les minima.

2°- L'écart entre les maxima est égal au gradient thermique, sauf en hiver où la différence atteint $1^{\circ}2$ au lieu de $0^{\circ}8$.

3°- L'écart-type entre les deux stations atteint $0^{\circ}9$ à 6 heures T.U, en hiver, et $1^{\circ}8$ à 12 heures en été. Ce dernier chiffre n'apparaît pas dans un simple calcul de moyenne, car en été Maupertus est souvent plus chaud que Chantereyne.

4°- Selon la direction du vent, la différence de température est variable entre les deux stations :

Chantereyne est beaucoup plus chaud en hiver, de $1^{\circ}9$ en moyenne, et a une température presque semblable à Maupertus en été ($\Delta = 0^{\circ}3$, lorsque le vent arrive directement de la mer dans cette station).

5°- Quarante deux pour cent des vents seulement appartiennent à la même direction dans les deux stations.

6°- A l'exception des vents qui viennent directement de la mer à Chantereyne, la vitesse du vent y est toujours plus faible.

7°- La nébulosité est toujours inférieure à Maupertus.

8°- L'humidité relative est plus faible à Chantereyne.

9°- Les jours de brouillard sont moins nombreux à Chantereyne.

10°- Si la pluviosité à Chantereyne est très légèrement

supérieure à celle de Maupertus, le nombre de jours de pluie très fine est beaucoup plus rare (les trois cinquièmes environ de ceux de Maupertus).

On pourrait allonger la liste des différences entre ces deux stations très proches l'une de l'autre. La différence varie en fonction des types de temps. Assimiler par exemple la température de Maupertus en ajoutant systématiquement $1^{\circ}1$ (moyenne de l'écart moyen annuel des minima et des maxima de température) serait une grave erreur.

Un autre exemple montre la difficulté d'études précises ; le 1er Mars 1968, la station de Rouen-Rouvray a été transférée à l'aérodrome de Rouen-Boos : 17 kilomètres de distance ; altitude :

Rouen-Rouvray	68,43 mètres
Rouen-Boos	156,51 mètres.

Les deux positions sont totalement différentes. Rouvray était dans la boucle de la Seine au sud de Rouen ; Boos sur un plateau à l'est du Pays de Caux.

A partir de 1970, les relevés des deux stations sont assimilés, sans aucune correction. Il n'est pas possible de comparer des températures simultanées. En Février 1968, Rouvray a une température minimale de $+ 0^{\circ}6$, Auzebosc (Yvetot) - $0^{\circ}4$, soit 1° d'écart.

En Février 1969, Boos est plus froid de $0^{\circ}3$ qu'Auzebosc : - $1^{\circ}8$ au lieu de - $1^{\circ}5$. Ceci suppose plus de 1° d'écart entre les deux stations. La lecture du Bulletin Climatologique de Haute-Normandie est très significative

pour montrer la confusion progressive des deux stations.

Un dernier défaut de ces stations, pour une étude des variations climatiques, c'est la date relativement récente de leur création :

- 1921 Cherbourg-Chantereyne
- 1932 Deauville - Saint-Gatien
- 1944 Caen-Carpiquet et Rouen-Rouvray
- 1945 Alençon-Valfrembert

Il existe bien, à proximité, des stations qui ont fonctionné à une date antérieure : l'Observatoire de la Marine à Cherbourg, de 1863 à 1965, l'Ecole Normale de Caen à partir de 1865, Rouen de 1866 à 1940. Le dernier chapitre de cet ouvrage nous permettra de voir s'il n'est pas possible de constituer, malgré tout, de longues séries pour ces cas précis. Les termes de Cherbourg et Rouen utilisés seuls signifient Cherbourg-Chantereyne et Rouen-Rouvray.

En dehors des stations de la Météorologie Nationale qui viennent d'être citées, il existe une autre catégorie de postes d'observation disposant d'un personnel qualifié et d'installations sérieuses. Ce sont les sémaphores :

- Pointe du Roc (Granville)
- La Hague
- Pointe de Barfleur
- Longues-sur-Mer⁽¹⁾
- Villerville
- La Hève

(1) La station a disparu en 1970 : la falaise menace de s'écrouler.

Fécamp

Dieppe

Les relevés ont lieu à six, douze et dix-huit heures et concernent les températures, l'humidité, la nébulosité, la visibilité, les précipitations et les vents. Ces derniers, souvent violents, empêchent parfois de recueillir la totalité des précipitations dans des pluviomètres trop exposés. Il faudra aborder ce problème lors de l'étude du climat côtier. De toute façon, ces nombreux postes d'observations facilitent les recherches dans la zone côtière.

Le climat de l'intérieur de la Normandie sera beaucoup plus délicat à définir. Trois stations (Rouen, Alençon, à la rigueur Caen) capables de fournir des renseignements substantiels, c'est bien peu ! On peut ajouter à ces centres :

- depuis 1968, Evreux : les installations de la base américaine ont été reprises par la Météorologie. Les renseignements antérieurs sont pratiquement introuvables.

- les stations gérées par l'Electricité de France (très peu nombreuses en Normandie), par les Ponts-et-Chaussées, par des organismes scolaires ou hospitaliers, enfin les postes bénévoles. Les installations s'écartent souvent des normes officielles ; le personnel n'est pas spécialisé dans les questions climatiques. Les renseignements sont le plus souvent limités aux pluies. Ils seront utilisés avec beaucoup de prudence.

- les postes agricoles. Ils se multiplient à partir de 1968, surtout dans l'Orne. Les thermomètres sont placés

dans de petits abris de fortune. La différence de température peut atteindre 1° avec la température relevée dans les abris de la Météorologie Nationale.

Liste des stations normandes en Janvier 1970

Relevés effectués marqués par une croix

	<u>Tempé- rature</u>	<u>Pluviosité</u>	<u>Insola- rature</u>
<u>Manche</u>			
Auderville (sémaphore)	+	+	(La Hague)
Baupte	+	+	
Beauvoir		+	
Bricquebec	+	+	
Cerisy-la-Salle		+	
Cherbourg (sémaphore)	+	+	
Condé / Vire	+	+	
Coulouvray-Boisbenâtre		+	
Digulleville	+	+	
La Feuillie		+	
Gatteville (sémaphore)	+	+	(Barfleur)
Ger		+	
Gonneville (Maupertus)	+	+	+ (Météorologie)
Granville (sémaphore)	+	+	(Pointe-du-Roc)
Saint-Hilaire-du-H.	+	+	
Saint-Vaast-la-H.		+	
Le Teilleul			
<u>Calvados</u>			
Bayeux		+	
Brémoy		+	
Bretteville / Odon	+	+	+ (Carpiquet)
Caen (La Maladrerie)	+	+	Météorologie)
Deauville		+	

	<u>Tempé- rature</u>	<u>Pluviosité</u>	<u>Insola- tion</u>
Donnay	+	+	
Douvres-la-Délivrande		+	
Dozulé		+	
Englesqueville		+	
Fontenay-le-M.		+	
Hottot-les-Bagues		+	
Landelles-en-C.		+	
Lassy		+	
Lieury	+	+	
Longues	+	+	(N'existe plus)
Molay-Littry	+	+	
St-Gabriel	+	+	
St- Gatien (aéroport)	+	+	(Météorologie Nationale)
St-Germain de T.	+	+	
St-Ouen du Mesnil		+	
<u>Orne</u>			
Alençon Météorologie	+	+	+
Argentan	+	+	
Athis-dé-l'Orne	+	+	
Bagnoles-de-l'Orne		+	
Bellême		+	
Bellou-en-Houlme	+	+	
Le Bouillon		+	
Champsecret		+	
Couvains	+	+	
Domfront	+	+	+
Echauffour	+	+	
Exmes	+	+	
Fontenai-les-L.		+	
Irai	+	+	
Longny-en-Perche	+	+	
Marchemaisons		+	
Mortagne -au-P	+	+	+

	<u>Tempé- rature</u>	<u>Pluviosité</u>	<u>Insola- tion</u>
Moulins-la-Marche		+	
Préaux	+	+	
Radon		+	
Ranes		+	
Rémalard		+	
St-Cornier des L.	+	+	
St-Ellier des B.	+	+	
Ste-Honorine-la-G.	+	+	
Le Sap		+	
Sées	+	+	
Ranques		+	
Villedieu-lès-B.		+	
Vimoutiers		+	
Cerisy-Belle-Etoile	+	+	
Ri	+	+	
Sainte-Scolasse	+	+	
<u>Eure</u>			
Les Andelys		+	
Breteuil	+	+	
Brionne	+	+	
Canappeville	+	+	
Conches-en-Ouche		+	
Etrépagny	+	+	
Evreux-Huest	+	+	+
			(Météorologie Nationale)
Guichainville		+	
Lyons-la-Forêt		+	
Pacy-sur-Eure		+	
Pont-Audemer		+	
Routot		+	
Thiberville		+	+
Verneuil s/Avre		+	
Louviers		+	
Menneval	+	+	

	<u>Tempé- rature</u>	<u>Pluviosité</u>	<u>Insola- tion</u>
<u>Seine-Maritime</u>			
Auffay	+	+	
Auzebosc-Yvetot	+	+	+
Buchy		+	
Bolbec		+	
Fécamp (sémaphore)	+	+	
Forges-les-Eaux	+	+	
Goderville	+	+	
Goupillères		+	
Gournay-en-Bray		+	
Neufchatel-en-Bray		+	
Neuville-lès-Dieppe	+	+	+ (sémaphore)
La Poterie-Cap d'Antifer		+	
Rouen-Boos (Météorologie)	+	+	+
Sainte-Adresse (sémaphore)	+	+	+ (La Hève)
Saint-Sylvain-Saint-Valéry		+	
Tancarville	+	+	
Le Tréport	+	+	

Dans la mesure du possible, nous avons visité toutes ces stations. Nous sommes entrée en contact avec les observateurs bénévoles qui nous ont, parfois, donné des idées intéressantes. La Météorologie Nationale ne fournit pas les adresses de ses observateurs. Nous les avons facilement trouvées quand il s'agissait d'Ecoles d'agriculture, beaucoup plus difficilement quand il s'agissait de particuliers. La technique consistait à aller voir d'abord le pharmacien ou le maire, les gendarmes ou d'autres commerçants. Dans certains cas, il a été impossible de découvrir qui s'occupait de la station, par exemple à Coulouvray-

Boisbenâtre ou à Saint-Vaast-la-Hougue. Ces postes invisibles, inconnus des indigènes, sont fort rares !

La localisation assez dense des postes (carte R p 12) permet d'étudier sans trop de difficultés la pluviosité normande. Pour les autres éléments, en particulier la température, l'absence de renseignements se fait cruellement sentir.

La localisation ponctuelle des relevés est un handicap. La connaissance des limites des diverses régions climatiques permettrait de mieux découvrir les causes qui expliquent les diverses nuances d'un endroit à l'autre.

II- RECHERCHE DE LIMITES REGIONALES

Cette recherche des limites est donc indispensable. Mais comment y arriver lorsque les stations manquent ? Prenons comme exemple le Nord-Ouest de la presqu'île du Cotentin. Actuellement, deux stations existent : La Hague et Cherbourg-Maupertus. Elles ne nous donnent aucun renseignement pour l'intérieur de cette région. L'influence de la côte se fait-elle sentir assez loin à l'intérieur ? Existe-t-il diverses nuances climatiques ? Il est possible de répondre à ces questions en examinant l'influence de l'élément climatique qui façonne le paysage : le vent.

L'article de Dietrich BARSCH, "Les arbres et le vent dans la vallée méridionale du Rhône" (Revue de Géographie De Lyon, N° 1, 1965, p. 35-45), nous a donné l'idée d'uti-

liser la déviation des arbres en fonction du vent sur les côtes normandes. Pour cartographier ce phénomène dans notre province, le nombre de cas de déformation a été réduit. Parfois, plusieurs types de déformation coexistent. La variété des espèces joue assez peu (Photos N° 5 et N° 7, p. 53 et 54). Ce qui compte essentiellement, c'est la position des arbres les uns par rapport aux autres.



PHOTO N° 1

Déformation des arbres près de Siouville

La photographie ci-dessus montre qu'un arbre, quelle que soit sa taille, est beaucoup plus déformé s'il n'est pas protégé par ses voisins. A gauche du tracteur, la haie est parallèle à la direction du vent dominant, c'est-à-dire Ouest-Est. Les arbres moyens protégés par les grands arbres

de gauche sont moins déformés. A droite du tracteur, la direction de la haie est légèrement différente, les arbres s'abritent moins les uns des autres, et de petits arbres qui dominent de peu l'ensemble de la haie sont déformés.

De même, le premier arbre face aux vents est toujours plus déformé que les suivants (Photo N° 4) et souvent plus petit. Dans cette classification, seule la déformation de la moitié supérieure des arbres sera examinée. Les parties basses bien protégées par les haies successives sont en général peu déformées.

Six catégories sont représentées sur la carte :

- A (catégorie 0 de D. BARSCH) : la quasi-totalité des arbres ne présentent aucune trace de déformation ;
- B (catégorie 1 - Photo N° 2) : Seuls les petits rameaux



PHOTO N° 2

Déformation B à la Sorellerie, près de Sauxemesnil.

de la partie supérieure sont recourbés dans le sens du vent. Ici et là, quelques arbres plus exposés au vent ont une couronne très légèrement dissymétrique.

- C (catégorie 2 - Photo N° 3) : La couronne est dissymétrique, les grosses branches des parties supérieures de l'arbre sont recourbées dans le sens du vent, mais il subsiste encore de nombreuses branches au vent.



PHOTO N° 3.

Déformation C à la station d'observation de Maupertus.

- D (catégorie 3 - Photo N° 4) : L'arbre du centre de la photo est le plus caractéristique de cette catégorie : la couronne est très nettement asymétrique ; très souvent, le tronc lui-même est incliné dans le sens du vent. Rares sont les branches situées au vent.



PHOTO N° 4

Déformation D près de Règneville

- E : Elle regroupe les catégories 5 et 6. Elles sont difficilement distinguables. Très fréquemment, le premier individu prend la forme d'une haie et les autres sont droits mais n'ont aucune branche sur le côté situé au vent. Les photographies 5 et 6 ont été prises exactement au même endroit, l'une vers la haie, l'autre vers l'intérieur. Cette dernière forme se rencontre très fréquemment le long d'une pente.

La photographie N° 7 montre cette même déformation E avec un autre type d'arbres.



PHOTOS N° 5 et N° 6

Déformation E dans la Baie de Sciottot



PHOTO N° 7

Déformation E à Siouville

La catégorie 6 de D. BARSCH, les arbres formant au sol un tapis, n'existe pratiquement pas en Normandie.

- F : Les arbres sont inexistants (Photo N° 8) ; à la



PHOTO N° 8

Absence d'arbres sur le Mont Doville

rigueur, quelques buissons déformés existent ici et là
(Photo N° 9).



PHOTO N° 9

Le Cap Flamanville

Cette classification permet d'établir la carte (Carte N° 1, R p 13) de la déformation des arbres pour la partie Nord-Ouest du Cotentin. La signification climatique de ce phénomène n'est pas envisagée pour le moment. Le but est d'arriver à déterminer de petites régions susceptibles de ne pas présenter les mêmes caractères climatiques.

Une première distinction apparaît : la différence de direction de la déformation. Celle-ci est d'Ouest dans toute la région, sauf dans une étroite bande côtière qui part d'Omonville et va en s'élargissant vers l'Est, et dans laquelle domine la déformation de Nord. La limite se fait

souvent brutalement :

- déformation de Nord sur la côte et les versants,
- déformation de Sud sur les hauteurs de plus de 120 mètres qui s'étendent de Gréville à Octeville.

Sur cette côte, la déformation des arbres est beaucoup moins importante : catégories C et D essentiellement. Celles-ci constituent deux bandes assez étroites et peuvent être regroupées dans une "région climatique" unique plus sensible aux influences de Nord (voir la Carte N° 2, Rp. 13). Cette dernière hypothèse devra être démontrée.

Si la direction de la déformation a servi à délimiter une bande côtière dans le Nord du Cotentin, son degré permettra de définir des nuances climatiques différentes dans toute la zone soumise aux vents d'Ouest, zone beaucoup plus étendue que la précédente :

- à l'extrémité de la presqu'île de la Hague, le vent très violent empêche la croissance des arbres et la lande pénètre comme un doigt à l'intérieur du Cotentin, recouvrant toutes les hauteurs supérieures à 150 mètres. Cette zone est limitée vers l'intérieur par une bande assez régulière dans laquelle la déformation est très forte. Aussi cette "région" regroupera les catégories F et E de la Carte N° 1Rp. 13 : c'est le domaine du vent qui impose durement sa loi au paysage.

- Le vent s'apaise progressivement en s'éloignant de la côte, mais sa marque sur le paysage reste importante, surtout dans les parties élevées : la couronne des arbres est encore très dissymétrique.

- La troisième zone est limitée par un escarpement qui part de Benoitville jusqu'à Octeville et qui domine une région déprimée se relevant progressivement vers l'Est. Au pied même de l'escarpement, seuls les petits rameaux s'infléchissent dans le sens du vent. Ailleurs, la couronne est encore légèrement dissymétrique.

- Dans la "région intérieure", la déformation est pratiquement nulle. Elle subsiste seulement sur les hauteurs.

L'utilisation de la déformation des arbres permet donc de distinguer de petites entités climatiques dans lesquelles au moins un élément du climat est différent : le vent n'a pas la même intensité. Mais celui-ci n'intervient de façon aussi marquée dans le paysage que dans les régions côtières. Il faut donc découvrir d'autres éléments susceptibles de faire apparaître ces nuances climatiques. L'un est valable pour l'ensemble de notre province : la floraison du pommier. Il serait possible aussi de sélectionner d'autres plantes, sauvages de préférence.

La floraison est la période végétative du pommier la plus sensible aux influences climatiques. Les variations de la date ou de l'état de la floraison selon les lieux indiquent des limites thermiques fort utiles à connaître. Mais avant d'arriver à une cartographie de ce phénomène, il faut résoudre un certain nombre de difficultés :

1°- La date de la floraison varie selon la nature des sols. Il est incontestable que la température dans les basses couches de l'atmosphère varie également avec l'albédo.

mais il ne semble pas que l'on doive attacher une grande importance à cette influence. Toutes les recherches faites sur le terrain confirment cette affirmation⁽¹⁾.

2°- L'exposition joue un rôle important : il ne faudrait pas comparer la date de floraison d'un pommier situé dans un fond de vallée avec celle d'un arbre sur une pente bien exposée, sauf si, dans une même région, on veut apprécier un micro-climat.

3°- La difficulté essentielle est avant tout la multiplicité des variétés de pommier. Il existe plus d'un mois d'écart entre la date de floraison des "Domaines du Calvados" par exemple, et les "Muscadet Petit de l'Orne", deux variétés que l'on exploite essentiellement dans le Pays d'Auge. Dans une région, ce sera toujours le début de la floraison qui sera envisagé (toutefois, les très rares variétés précoces comme les "Domaines du Calvados" seront éliminées. Les variétés concernées fleurissent, en moyenne, entre le 25 Avril et le 10 Mai. Elles existent dans toute la Normandie et sont très nombreuses. Certaines espèces comme les "Blanc Mollet" ou les "Bedan", dont la floraison est un peu plus tardive, sont communes à toutes les régions.

Ces précautions prises, il est possible de comparer la floraison dans diverses régions et d'en tirer des renseignements pour le climat. Des observations sur la floraison

(1) Les mesures radiométriques de Nimbus III montrent d'ailleurs que les nuances de l'albedo restent négligeables sur l'Europe atlantique.

d'autres plantes ou la feuillaison des arbres peuvent apporter une garantie supplémentaire. Cette méthode permet de découvrir des endroits privilégiés. Prenons un exemple. Le 10 Avril 1969, une coupe Nord-Sud de la côte occidentale du Cotentin donne les résultats suivants :

- Les pommiers paraissent morts depuis La Hague jusqu'à Lassay. Le reste de la végétation n'est guère plus avancé.

- De Lassay à Granville, on commence à voir apparaître des boutons qui s'entrouvrent.

- Au Sud de la Mare de Bouillon (près de Jullouville), c'est l'épanouissement du printemps, les pommiers sont quasiment en fleurs. Le point le plus en avance est Saint-Jean-le-Thomas.

- Après Pontaubault et au Sud du Mont-Saint-Michel, la floraison est à nouveau moins avancée.

Une région privilégiée dont il faudra expliquer la douceur est ainsi décelée. Signalons que les variétés de pommiers propres à l'Avranchin ne sont pas particulièrement précoces : les "Doux au Gober" fleurissent après le 25 Avril en général, les "Trollon" vers le 10 Mai et les autres variétés sont encore plus tardives.

La carte de l'état de la floraison aide à déterminer, comme la carte de la déformation des arbres, de petites entités climatiques. Seul, l'état des pommiers en pleine campagne a été pris en considération ; dans les agglomérations, la floraison est toujours en avance. L'article d'A. DELOURME, "Les gelées de printemps en Moyenne Garonne" (Météorologie Avril-Juin 1964, p. 117-133), donne les

divers stades de maturation de la fleur de pommier :

- A- Le bouton a son aspect d'hiver
- B- Il commence à s'entrouvrir
- C- Il se transforme en fleur : début de la transformation
- D- Transformation plus avancée
- E- Les feuilles commencent à apparaître
- F- Les fleurs s'épanouissent.

Les stades ultérieurs sont sans intérêt pour notre étude.

La carte de l'état de la maturation de la fleur dans l'Est de la Haute Normandie fait apparaître des zones différentes (Voir Carte R p. 14).

- Les endroits privilégiés sont :

1°- les vallées. Plus elles sont larges, plus la maturation est avancée. La région d'Aumale ouverte aux influences maritimes est plus en avance que la vallée de l'Andelle (stade B) ou que la vallée de l'Eure (stade A).

2°- Les zones abritées comme le Caux autour de Boos, bien protégé par la forêt.

- Deux régions complexes apparaissent :

1°- La forêt de Lyons :

- stade A dans les creux, comme Lyons ;
- stade B, quelquefois C sur les plateaux bien abrités.

2°- Le Pays de Bray. Les différences d'exposition, de terrain, d'altitude jouent des rôles importants. Une coupe Nord-Sud donne grossièrement cette répartition :

- stade A-B sur la côte de craie,
 - B-C dans la zone de sable et d'argile,
 - A sur les croupes calcaires du Haut-Bray,
 - B-C dans la vallée de la Béthune.

La partie orientale est légèrement en retard.

- Les plateaux comme ceux du Petit Caux ou du Vexin, mal protégés des influences continentales, sont au stade A.

Il ne faut pas attacher à ces observations une valeur de toute première importance : ce sont des signaux plutôt ; ils nous disent : "Attention ! Regardez bien ! Ici, il y a peut-être une nuance climatique digne d'intérêt".

Ce type de recherches sera entrepris dans toute la Normandie. Il sera complété par l'étude de la carte de végétation là où elle existe. Une fois acquise cette première série de "régions climatiques" qui fera déjà apparaître certains facteurs explicatifs, nous compléterons par d'autres recherches :

- l'examen des stations d'observation susceptibles d'être comparées les unes avec les autres, même si elles n'existent plus aujourd'hui : par exemple, pendant quelque temps, Cherbourg, Martinvast, Vauville, Gréville, La Hague ont fonctionné conjointement. La comparaison des chiffres de ces stations, même pendant une courte période, peut donner d'utiles renseignements.

- des mesures prises dans des endroits intéressants pour lesquels n'existe aucun renseignement. Des psychromètres à aspiration Assmann de la Maison Lambrecht, montés sur des supports de projecteur afin d'éviter toute influence de manipulations effectuées par des personnes différentes, permettent de comparer les températures ou l'humidité dans des endroits différents, au même moment. L'utilisation d'anémomètres à cupules de la même maison permettra d'obtenir des résultats complémentaires pour les vents. Les mêmes chiffres sont relevés lorsque ces divers types d'appareils sont placés côte à côte. Ils sont voisins de ceux obtenus dans les stations (l'écart maximum a atteint 3 dixièmes de degrés pour les températures ; les résultats sont équivalents pour les vitesses des vents).

Résumons la méthode utilisée :

1°- Détermination des types de temps selon leur action : action uniforme dans toute la Normandie ou différente selon les régions. Cette étude de détail est entreprise à l'aide de quatre stations de la Météorologie Nationale.

2°- Vérification de l'influence de ces types de temps, en utilisant des stations secondaires.

3°- Détermination des régions dans lesquelles des nuances climatiques peuvent exister.

4°- Recherche de compléments par tous les moyens possibles et vérification de l'exactitude de cette première approche

régionale.

5°- Explication des diverses différences relevées.

6°- Examen pour les stations possédant de longues séries
de relevés des variations climatiques.

D E U X I È M E P A R T I E

R E C H E R C H E D E C R I T È R E S

P O U R U N E C L A S S I F I C A T I O N D E S T Y P E S D E T E M P S

Avant d'entreprendre l'étude des types de temps, il est utile de rechercher quels critères sont susceptibles de nuancer la classification des types de temps en types anticycloniques et types perturbés. Les types de temps perturbés sont eux-mêmes classés selon la trajectoire des perturbations. Mais deux perturbations suivant une trajectoire identique ne créent pas toujours le même type de temps. D'autres éléments interviennent et peuvent avoir une action différente selon les stations :

- masses d'air
- origine de ces masses d'air
- passage des fronts
- pression
- situation en altitude.

Chacun de ces éléments sera étudié avec beaucoup de détails pour pouvoir bien comprendre les mécanismes de son action. Nous suivrons parfois son influence heure à heure. Prenons un exemple. Les questions qui peuvent se poser au sujet des perturbations sont très nombreuses :

- La variation de température liée au front est-elle importante ? Quand se produit-elle ?

- Est-ce le front froid ou le front chaud ou l'occlusion qui engendre le plus de pluie ?

- Ces éléments climatiques varient-ils avec le degré de maturité d'une perturbation ? L'éloignement du point triple par rapport à la station joue-t-il sur la quantité des précipitations ?

- Des différences existent-elles selon le type de front, polaire, arctique ... ?

- Cette action est-elle la même pour toutes les stations ?

Il est bien entendu impossible de réaliser une étude aussi minutieuse pour 20 ans et la totalité des stations. Aussi avons-nous restreint à trois ans, 1958 à 1960, ces recherches. De même, deux stations ont été examinées avec beaucoup de soin : Cherbourg-Chantereyne dans une plaine côtière à 8 mètres d'altitude, et Caen-Carpique sur un plateau à 166 mètres.

Ce cadre chronologique a parfois été dépassé : nous n'avons pas voulu obliger les techniciens des stations météorologiques, extrêmement complaisants, à rechercher, dans des archives vieilles de plus de 10 ans, des enregistrements de l'évolution quotidienne des températures, précipitations ... Il était beaucoup plus pratique d'étudier ceux de l'année en cours.

Comme document de base, nous nous servirons surtout des Tableaux Climatologiques Mensuels qui donnent avec précision ces renseignements :

- relevé tri-horaire de la température, de l'humidité, du vent (force et direction),

- heures précises du début et de la fin des précipitations, du minimum et du maximum journalier de température, des orages, grains ...

Nous avons étudié certains phénomènes, non seulement pour Caen et Cherbourg, mais aussi pour les principales stations normandes.

Ce laps de temps de trois ans et cette étude limitée dans l'espace peuvent paraître trop restreints, mais nous ne croyons pas qu'une étude plus générale change beaucoup les résultats obtenus.

C h a p i t r e I I I

LES M A S S E S D ' A I R

Avant d'étudier l'influence des masses d'air sur le temps, il est bon de caractériser ces trois années, 1958, 1959, 1960, par rapport à la normale 1931-1960. Nous allons comparer les températures et les précipitations pour ces deux périodes.

Dans l'ensemble, les températures sont très légèrement supérieures à la normale (Croquis R P. 15), surtout en Février (moyenne des maxima 9°3 au lieu de 7°7 à Caen, 9°6 au lieu de 8°4 à Cherbourg) et en Octobre (moyenne des minima 11°2 au lieu de 10°4 à Cherbourg, 8°3 au lieu de 7°5 à Caen). Les minima sont plus proches de la normale que les maxima.

Les précipitations sont beaucoup plus irrégulières (Croquis R p. 16) : elles sont plus abondantes en Octobre, Décembre et Janvier pendant les années 1958, 1959, 1960 que dans la période 1931-1960 à Cherbourg et à Caen (également en Mars et Juin pour cette dernière ville).

En résumé :

- l'hiver est plus chaud et beaucoup plus arrosé,
- le printemps ne se différencie guère de la normale, à peine est-il plus arrosé,

- l'été est voisin de la normale ; seules les pluies à Caen sont légèrement supérieures ;

- l'automne est plus chaud et plus arrosé.

	CAEN	CHERBOURG
Moyenne des minima de température de 1958 à 1960	6°7	9°1
Différence par rapport à la normale	+ 0°2	+ 0°2
Différence par rapport à la période 1951-1970	+ 0°3	
Moyenne des maxima de température de 1958 à 1960	14°7	14°2
Différence par rapport à la normale	+ 0°2	+ 0°3
Différence par rapport à la période 1951-1970	+ 0°4	
Pluviosité annuelle moyenne de 1958 à 1960	812 mm	1112 mm
Différence par rapport à la normale	+ 122 mm	+ 181 mm
Différence par rapport à la période 1951-1970	+ 99 mm	

Ces trois années sont donc plus chaudes et plus arrosées. Cette différence ne sera pas expliquée dans ce chapitre, mais ultérieurement. Les remarques précédentes permettent de mieux situer les recherches qui vont être faites, dans un cadre plus large que celui des trois années choisies.

I- L'INFLUENCE DES MASSES D'AIR SUR LES TEMPÉRATURES

Quelles masses d'air produisent ces températures relativement douces ?

Assez souvent, plusieurs masses d'air se succèdent au cours d'une seule journée (Voir le Tableau des masses d'air, Recueil p. 18 et suivantes). Il est donc assez difficile d'avoir une idée précise de leur fréquence. Aussi a-t-il paru plus judicieux d'examiner à quelle masse d'air correspondaient le minimum et le maximum de température de chaque jour. Cette recherche est assez aisée : les Tableaux Climatologiques Mensuels fournissent l'heure exacte de ces relevés ; les Bulletins Quotidiens d'Etudes permettent d'apprécier la masse d'air qui recouvre la région à ce moment-là.

Au cours de ces trois années, le pourcentage des masses d'air correspondant aux minima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	69,1 %	70,1 %
Air Polaire Maritime évolué	7 %	6,7 %
Air Polaire Continental	11,2 %	10,8 %
Air Arctique Maritime	9,7 %	9,4 %
Air Arctique Continental	0,9 %	0,8 %
Air Tropical Maritime	2,1 %	2,2 %

Le pourcentage des masses d'air correspondant aux maxima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	71,9 %	71,7 %

Air Polaire Maritime évolué	6 %	6,1 %
Air Polaire Continental	10,7 %	10,6 %
Air Arctique Maritime	8 %	8,4 %
Air Arctique Continental	0,8 %	0,7 %
Air Tropical Maritime	2,7 %	2,6 %

Les écarts entre les chiffres relatifs aux maxima et aux minima sont assez faibles. Les températures les plus élevées sont davantage dues à des masses d'air polaire maritime et tropical, les plus basses à de l'air arctique. De même, l'influence de l'Air Polaire Maritime est très légèrement supérieure à Cherbourg, située plus à l'Ouest, à l'extrémité d'une presqu'île.

Une constatation s'impose : la prédominance écrasante de l'air polaire maritime entre 69,1 et 71,9 % et si l'on ajoute l'air polaire maritime évolué entre 75 et 78 %. C'est beaucoup plus que les chiffres indiqués par P. PEDELABORDE dans sa thèse "Le climat du Bassin Parisien" : 53 % d'Air Polaire Maritime pour la période 1946-1950, au centre même du Bassin. L'Air Polaire Continental n'exerce qu'une action secondaire : 10 à 11 % au lieu de 33,7 %. La Normandie est la façade maritime du Bassin Parisien et les stations choisies sont situées très à l'Ouest. Dans une partie suivante, on cherchera si cette différence provient de la situation de la province ou de types de temps différents.

L'air arctique maritime a une fréquence plus importante, en Normandie, de 1958 à 1960, que pendant la période 1946-1950 : de 8 à 10 % au lieu de 7,7 %. Le rôle de l'air

Tropical Maritime est secondaire.

La répartition des masses d'air varie selon les saisons.

EN HIVER (Croquis N° 1 R p. 24) :

le pourcentage des masses d'air correspondant aux minima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	64,2	64,6 %
Air Arctique Maritime	16,2	16,6
Air Polaire Continental	10	10
Air Polaire Maritime évolué	7	6,6
Air Tropical Maritime	0,4	0,4
Air Arctique Continental	2,2	1,8

Le pourcentage des masses d'air correspondant aux maximá de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	72	70,1 %
Air Arctique Maritime	10,2	11,8
Air Polaire Continental	8,5	8,5
Air Polaire Maritime évolué	6,3	6,3
Air Tropical Maritime	1,1	1,1
Air Arctique Continental	1,8	1,5

En hiver, l'air Arctique Maritime joue un rôle plus important au détriment des masses d'air Polaire Maritime. La différence par rapport à la moyenne annuelle reste assez faible.

AU PRINTEMPS :

Le pourcentage des masses d'air correspondant aux minima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	63 %	63,4 %
Air Arctique Maritime	17,4	17,4
Air Polaire Continental	14,5	14,1
Air Polaire Maritime évolué	4,7	4,3
Air Arctique Continental	1,1	1,1

Le pourcentage correspondant aux maxima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	63,4	64,5 %
Air Arctique Maritime	17	16,7
Air Polaire Continental	14,1	14,1
Air Polaire Maritime évolué	4	4,3
Air Arctique Continental	1,1	0,7

Quelle évolution peut-on noter au Printemps ?

- L'Air Arctique Maritime essentiellement et l'Air Polaire Continental jouent un rôle légèrement plus important qu'en hiver.

- L'Air Tropical Maritime n'apparaît pas.

- Il n'y a plus de différence dans l'action des masses d'air sur les minima ou les maxima de température. Les pourcentages sont à peu près identiques dans les deux cas.

EN ETE (Croquis N° 1 R p. 25) :

Le pourcentage des masses d'air correspondant aux minima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	78,3 %	78,6 %
Air Polaire Maritime évolué	9,4	9,4
Air Tropical Maritime	6,9	6,9
Air Polaire Continental	4	4
Air Arctique Maritime	1,4	1,1

Le pourcentage des masses d'air correspondant aux maxima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	80,4	80,4 %
Air Polaire Maritime évolué	7,6	7,6
Air Tropical Maritime	6,5	6,5
Air Polaire Continental	4,3	4,3
Air Arctique Maritime	1,1	1,1

Les masses d'air polaires l'emportent largement en été : 87 à 88 % (Polaire Maritime et Polaire Maritime évolué). P. PEDELABORDE avait également trouvé cette importance de l'air Polaire Maritime en été.

Le deuxième point important, qui correspond aussi aux observations de P. PEDELABORDE, c'est le faible pourcentage des masses d'Air Continental et surtout Arctique, qui occu-pait le deuxième rang dans les deux autres saisons et ne vient en Eté qu'au cinquième rang.

L'Air Tropical Maritime joue un rôle plus grand, mais même en été, son importance reste secondaire.

Les deux stations présentent des caractères identiques.

EN AUTOMNE (Croquis N° R p. 25) :

Le pourcentage des masses d'air correspondant aux minima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	71,4	73,6
Air Polaire Continental	16,5	15
Air Polaire Maritime évolué	7	6,6
Air Arctique Maritime	4	3,3
Air Tropical Maritime	1,1	1,5

Le pourcentage des masses d'air correspondant aux maxima de température s'établit ainsi :

	à Caen	à Cherbourg
Air Polaire Maritime	71,8	71,8 %
Air Polaire Continental	15,8	15,4
Air Polaire Maritime évolué	5,9	6,6
Air Arctique Maritime	3,7	3,7
Air Tropical Maritime	2,9	2,6

L'influence de l'Air Polaire Maritime décroît en automne. L'Air Polaire Continental atteint en cette saison son pourcentage le plus élevé de l'année, pourcentage supérieur même à celui de l'hiver. Il faudra chercher plus tard si ce phénomène est propre à ces trois années ou au contraire si ce n'est pas un phénomène plus général.

L'Air Arctique et l'Air Tropical ne jouent qu'un rôle très faible. L'Automne est différent du Printemps au cours duquel l'Air Arctique arrive assez souvent sur la Normandie.

EN RESUME (Voir Croquis R, p. 26 et 27) :

L'Air Polaire Maritime représente la principale masse d'air que l'on observe en Normandie. Son rôle est moins important les quatre premiers mois que pendant le reste de l'année, spécialement en été.

L'Air Polaire Maritime évolué qui provient de la transformation de l'Air Polaire Maritime après une brève stagnation sur le continent présente d'un mois à l'autre des variations assez voisines.

L'Air Polaire Continental véritable ne recouvre guère la Normandie, sauf en Février, Mai et Septembre.

L'Air Arctique Maritime a une certaine influence de Janvier à Avril. De Juin à Octobre, il ne pénètre pratiquement pas sur nos régions. L'Air Arctique Continental ne joue aucun rôle.

L'Air Tropical Maritime n'a d'importance (bien secondaire malgré tout) qu'en Eté.

La fréquence des diverses masses d'air est trop irrégulière, à l'exception de l'Air Polaire Maritime, pour que l'on puisse en faire une étude générale détaillée. Nous nous contenterons d'examiner l'influence de ces masses d'air durant chaque saison, en éliminant celles qui ne jouent qu'un rôle secondaire.

HIVER

Pour chacune de ces masses d'air, on a calculé les minima et maxima de températures moyennes pour l'ensemble de la saison à Caen et à Cherbourg. Le tableau ci-après donne les résultats pour l'hiver :

	<u>Caen</u>		<u>Cherbourg</u>	
	Tn	Tx	Tn	Tx
Air Polaire Maritime	4°1	9°5	6°6	10°4
Air Arctique Maritime	- 0°1	3°9	2°8	6°7
Air Polaire Continental	- 2°	6°8	1°8	8°
Air Polaire Maritime évolué	0°9	4°4	1°9	7°6
Air Tropical Maritime	7°8	10°2	8°8	11°5
Air Arctique Continental	- 8°	0°3	1°2	5°3
Moyenne de la période 31-60	1°8	7°6	4°6	8°8

De gros écarts existent entre les deux stations et entre chaque masse d'air. Deux ont des températures supérieures à la moyenne saisonnière : l'Air Polaire Maritime

et l'Air Tropical Maritime. Ce dernier venant du Sud-Ouest est l'air le plus chaud. Il est malheureusement trop rare pour exercer une influence sur la moyenne des températures d'hiver.

Les écarts sont beaucoup plus élevés, entre Caen et Cherbourg, pour les minima que pour les maxima. La différence la plus importante existe dans l'air Polaire Continental et dans l'air Arctique Continental, la moins importante dans l'air Tropical Maritime.

L'air Polaire Maritime est donc plus chaud d'environ deux degrés par rapport à la moyenne saisonnière. L'amplitude n'est pas très élevée, inférieure à la moyenne saisonnière :

Caen	5°4 (amplitude moyenne en Hiver : 5°8)
Cherbourg	3°8 (4°2)

L'examen du graphique représentant la moyenne mensuelle de l'air Polaire Maritime (voir R p. 28) montre que l'amplitude la plus faible survient en Janvier :

Caen	5°1
Cherbourg	3°3

la plus forte en Février :

Caen	5°9
Cherbourg	4°2

Cet air maritime arrive directement à Cherbourg, mais doit traverser une partie de la province avant de parvenir à Caen. Ceci explique certaines différences :

- l'amplitude est plus grande à Caen ;
- les températures sont plus élevées à Cherbourg, surtout les températures minima ;

- Février est le mois le plus froid à Cherbourg, Décembre à Caen. Il faut souligner ce fait un peu étonnant. En Décembre et en Janvier, la mer maintient, du fait de son inertie thermique, des températures assez élevées. Très souvent, dans les régions océaniques, le mois de Février est le mois le plus froid. Il est beaucoup plus difficile d'expliquer pourquoi les masses d'air Polaire Maritime sont les plus froides à Caen en Décembre. Est-ce un fait exceptionnel ? Une étude détaillée montre que la proportion d'air Polaire Maritime froid a été plus forte en Décembre qu'en Janvier et Février, où elle est inversée. L'air polaire maritime froid a une température inférieure en moyenne de $1^{\circ}5$ à 2° par rapport à l'air maritime chaud. Lorsque nous étudierons la circulation générale, il faudra expliquer cette différence. P. PEDELABORDE avait distingué, au centre du Bassin Parisien, ces deux types d'air polaire. Cette distinction apparaît souvent assez mal en Normandie ; il n'est pas rare de voir un air polaire maritime froid plus chaud que l'air polaire maritime chaud, ou vice-versa à quelques jours d'intervalle.

Lorsque l'air polaire maritime baigne notre région, le temps est donc doux, les gelées sont rares. Dans ce cas :

13,9 % des minima à Caen	1,1 % à Cherbourg	sont inférieures à 0°
49,7 %	81,6 %	sont entre 4 et 10°
1, 7 %	6,1 %	sont égaux ou supérieurs à 10°

Ces chiffres soulignent la légère continentalisation de Caen par rapport à Cherbourg. La différence entre les minima des deux stations diminue du reste avec le refroidissement de la mer :

3°1 en Décembre

2°5 en Janvier

2° en Février.

Lorsque cet air stagne un certain temps sur le continent, il se refroidit considérablement, surtout à Caen. Les cartes parlent alors d'air polaire maritime évolué.

Cet air devient même plus froid que l'air polaire continental. En effet, si les minima restent plus élevées :

- 0°9 P.M.E. - 2° P.C. à Caen - 1°9 P.M.E. - 1°8 P.C. à Cherbourg, les maxima sont inférieurs (insolation plus faible) :

4°4	6°8	7°6	8°
-----	-----	-----	----

Les gelées sont extrêmement fréquentes dans 73,7 % des cas à Caen, seulement 21 % des cas à Cherbourg. La différence entre les deux stations, à ce point de vue, est très grande. Les minima, même à Cherbourg, ne sont jamais élevés : dans les deux stations, les minima supérieurs à 4° ne représentent que 5,3 % des cas.

L'amplitude y est moins forte que dans l'air polaire continental :

	Caen	Cherbourg
Air polaire maritime évolué	5°3	5°7
Air polaire continental	8°8	6°2

La faible nébulosité de cette dernière masse d'air explique l'amplitude supérieure. Dans l'air polaire continental, les gelées sont les plus fréquentes :

80,7 % des cas à Caen, 29,6 % à Cherbourg.

L'air polaire continental peut ne pas être très froid à Cherbourg. En effet, dans 22,2 % des cas, la température minimum est supérieure à 4° (3,8 % des cas seulement à Caen).

L'air arctique maritime est légèrement plus froid ; la température moyenne est égale à :
1°5 à Caen et 4°7 à Cherbourg dans l'air arctique maritime
1°8 4°8 polaire évolué
2°4 4°9 polaire continental.

Cette température basse est surtout due aux maxima peu élevés de température : 3°9 à Caen, 6°7 à Cherbourg. L'air arctique maritime a donc une faible amplitude. Si 94,1 % des minima sont inférieurs à 4° (96,2 dans l'air polaire continental), seulement 52,9 % entraînent des gelées (80,8 à Caen). A Cherbourg, 8,3 % des minima sont inférieurs à 0°. Plus de la moitié des minima se situe entre - 1° et 4° à Caen, entre 0 et 4° à Cherbourg. L'air arctique maritime est assez uniformément froid. On note les minima et les maxima les plus bas en Janvier :

Décembre	1°8	7°7 à Caen	6°1 et 8°2 à Cherbourg
Janvier	- 0°5	4°3	2°4 7°
Février	0°5	4°9	2°7 7°

Le refroidissement de l'air arctique commence en Janvier.

L'air arctique continental est très rare : il n'est pas possible de l'étudier.

L'air tropical maritime est le plus chaud, mais le nombre de cas est également très faible.

Le tableau suivant résume l'influence respective des masses d'air sur les températures.

Pourcentage des minima de température en fonction
des masses d'air en hiver

	CAEN				CHERBOURG			
	inférieur à - 1°	0°	plus de 4°	4°	inférieur à 0°	4°	de 4° à 10°	plus de 10°
P.M.	14,3	27,3	48	93,5	11,1	22,7	88	100
P.M.E.	16,1	15,9	10,3	1,1	22,2	18,3	0,01	-
P.C.	35,7	26,1	14,3	1,1	44,4	21,5	3,6	-
A.M.	23,2	23,9	24	3,3	16,7	32	7,2	-
T.M.	-	-	-	1,1	-	-	0,1	-
A.C.	10,7	6,8	3,4		5,6	5,2		

Les températures les plus basses en hiver sont donc provoquées par l'air polaire continental, surtout à Cherbourg, et par l'air arctique maritime. Au-dessus de 4°, la très grande majorité des minima est due à l'air polaire maritime.

Au printemps, l'influence des masses d'air est un peu différente. Le tableau ci-après donne la moyenne des minima et maxima de chaque masse d'air :

	Caen		Cherbourg	
	Tn	Tx	Tn	Wx
Air polaire maritime	6°2	14°5	8°3	13°5
Air arctique maritime	2°9	10°1	4°6	8°9
Air polaire continental	5°	13°7	7°6	13°3
Air Polaire maritime évolué	4°6	16°4	6°1	12°9
Air arctique continental	- 1°7	6°6	0°9	5°3
Moyenne de la période 1931-1960	5°2	13°8	7°2	12°5

La principale différence par rapport à l'hiver, en dehors de l'augmentation des températures, est la moyenne

plus élevée des maxima à Caen qu'à Cherbourg. En hiver, toutes les températures étaient plus élevées à Cherbourg ; désormais, seuls les minima sont plus chauds.

La température de l'air arctique reste inférieure à la moyenne saisonnière.

L'air polaire maritime évolué devient la masse d'air la plus chaude à Caen.

L'air arctique continental, heureusement très rare, a des températures voisines de celles des masses d'air les plus froides d'hiver.

L'air polaire maritime se réchauffe lentement jusqu'en Avril, fortement en Mai :

	Caen		Cherbourg	
	Tn	Tx	Tn	Tx
Février	4°3	10°2	6°3	10°7
Mars	4°7	12°2	6°9	11°6
Avril	6°1	14°5	7°8	13°3
Mai	10°1	17°	10°2	15°9

Le réchauffement est plus rapide à Caen qu'à Cherbourg. Dès le mois de Mars, le maximum de température est plus élevé à Caen. L'amplitude s'accroît de Février à Avril à Caen, puis diminue en raison de l'augmentation considérable des minima de température. A Cherbourg, elle augmente jusqu'en Mai.

Lorsque l'air polaire maritime s'étend sur la Normandie, les gelées deviennent désormais très rares : à Caen, 1,2 % seulement des minima sont inférieurs à 0°, aucun à Cherbourg.

A Caen

A Cherbourg

61,6 % des minima se situent entre 4 et 10° 74,9 %
16,3 % des minima sont égaux ou supérieurs à 10° 22,3

Les maxima supérieurs à 20° apparaissent : 11,4 % à
Caen, 1,7 % seulement à Cherbourg.

Soulignons l'importance du mois de Mai dans la transformation de la physionomie de l'air polaire maritime.

Nous n'insisterons pas sur l'air polaire maritime évolué, il est très rare au printemps. Il semble que le réchauffement important survienne également au mois de Mai. La moyenne saisonnière est surévaluée peut-être légèrement car cette masse d'air n'a pas été relevée en Avril. Et Avril ressemble davantage à Mars qu'à Mai si l'on se réfère à l'air maritime.

Le réchauffement de l'air polaire continental s'est fait en Mars et surtout en Mai :

	A Caen		A Cherbourg	
Février	- 1°9	et 7°5	1°9	et 8°1
Mars	2°8	10°8	5°	8°3
Avril	2°9	10°4	4°8	10°4
Mai	7°6	16°3	9°5	15°2

Les gelées deviennent rares : aucune à Cherbourg; 7,5 % seulement de minima inférieurs à 0° à Caen. 87,1 % à Cherbourg, 77,5 % à Caen des minima sont égaux ou supérieurs à 4°. A partir de Mai, l'air polaire continental est proche de la moyenne mensuelle des températures.

L'air arctique maritime reste très froid jusqu'en Avril :

	A Caen		A Cherbourg	
Mars	- 0°5	et 5°5	2°3	et 6°
Avril	3°2	9°4	5°1	9°2
Mai	10°1	21°	8°5	14°1

Le réchauffement en Mai est très important et même exceptionnel à Caen. Ce phénomène devra être expliqué ultérieurement. Il y a là une opposition importante à Caen : d'un côté, en Mars et en Avril, des gelées assez nombreuses ; de l'autre, en Mai, des maxima supérieurs à 20°. La progression des températures est plus constante à Cherbourg.

Le tableau suivant résume l'influence respective des masses d'air sur les températures au Printemps.

Pourcentage des minima de température en fonction
des masses d'air au prin temps

	CAEN				CHERBOURG			
	inférieur à 0°	4°	de 4° à 10°	Plus de 10°	inférieur à 0°	4°	De 4° à 10°	Plus de 10°
P.M.	8,2	42	70,2	80 %	-	14,3	67,9	81,3
P.M.E.	12	8,9	1,3	8,6	-	2,9	4,1	4,2
P.C.	12	10	18,5	8,6	-	14,3	14,5	12,5
A.M.	56	35,5	9,9	2,3	80	60	13,5	2,1
A.C.	12	3,3	-	-	20	8,6	-	-

Constatons que la totalité des gelées de Printemps à Cherbourg et 68 % à Caen sont dues à l'air arctique tant maritime que continental. Ce rôle de l'air arctique en cette saison est à souligner.

Plus la température s'élève, plus la proportion de l'air polaire maritime augmente.

Pour toutes les masses d'air, Mars et Avril continuent en partie l'hiver ; Mai est une sorte de prélude à l'été.

Le tableau suivant donne les moyennes des minima et maxima en ETE des diverses masses d'air :

	Caen		Cherbourg	
	Tn	Tx	Tn	Tx
Air polaire maritime	11°4	20°9	13°5	18°8
Air polaire maritime évolué	10°9	21°9	13°1	19°3
Air tropical maritime	13°1	23°3	14°3	20°5
Air polaire continental	8°7	23°6	11°9	20°3
Air arctique maritime	10°2	17°6	12°	16°7
Moyenne de la période 1931-1960	11°5	21°1	13°3	18°9

La température de l'air polaire maritime est à peu près semblable à la moyenne 1931-1960. Ceci est normal si l'on considère que plus de trois jours sur quatre reçoivent de l'air polaire maritime. L'amplitude est plus forte qu'en Eté.

L'air polaire maritime évolué a une position intermédiaire entre l'air polaire maritime et l'air polaire continental, qui offre les minima les plus bas et les maxima les plus élevés.

L'air tropical maritime est toujours la masse d'air la plus chaude.

L'air arctique maritime a la température moyenne la plus basse.

Cet air polaire maritime, doux en hiver, est également doux en été : 64,8 % des minima à Caen et 75,1 % à Cherbourg se situent entre 10 et 15°. Les maxima sont beaucoup plus élevés à Caen qu'à Cherbourg :

	Cherbourg		Caen
73,9 % entre	15 et 20°		41 %
22,5	20 et 25		52,3
1,4	égal ou supérieur à 25°		5,9

L'aspect océanique du climat de Cherbourg apparaît aussi dans le mois le plus chaud : Août. A Caen, les minima sont plus élevés en Août, les maxima en Juillet.

	Caen		Cherbourg	
Juin	10°1	19°2	12°9	17°3
Juillet	11°1	21°8	13°9	19°4
Août	12°4	21°5	14°3	19°5

En été, les différences entre chaque mois restent faibles.

Nous ne parlerons pas en détail des autres masses d'air : leur fréquence est trop faible.

Tableau de l'influence respective des masses d'air en Eté

Pourcentage des minima :

	Caen			Cherbourg		
	inférieur à 10°	De 10° à 15°	Plus de 15°	Inférieur à 10°	De 10° à 15°	Plus de 15°
P.M.	79,2	77,3	82,6	50	80,7	79,3
P.M.E.	8,3	11	-	18,8	9,4	6,9
P.C.	11,1	1,7	-	31,3	1,5	5,2
A.M.	1,4	1,7	-	-	1,4	-
T.M.	-	8,3	17,3	-	6,9	8,6

Sauf pour les températures inférieures à 10°, à Cherbourg, l'air polaire maritime est prépondérant. Les autres masses d'air jouent un rôle négligeable à l'exception de l'air polaire continental ; celui-ci explique près d'un tiers des rares températures inférieures à 10°, à Cherbourg, et de l'air tropical maritime pour les températures supérieures à 15° à Caen.

En été, les maxima ont une importance plus grande encore que les minima.

Tableau du pourcentage des maxima de température
en fonction des masses d'air en été

	Caen				Cherbourg			
	moins de 15°	de 15° à 20°	de 20° à 25°	+ de 25°	Moins de 15°	de 15° à 20°	de 20° à 25°	+ de 25°
P.M.	100	89,2	79,4	50	100	84,1	72,5	42,9
P.M.E.	-	3,9	8,9	15,4	-	6,2	13	-
P.C.	-	3,9	3,4	11,5	-	3,6	4,6	28,6
A.M.	-	2,9	-	-	-	1,5	-	-
T.M.	-	-	8,2	23,1	-	-	-	28,6

La proportion de l'air polaire maritime diminue rapidement à mesure que les maxima deviennent plus élevés..

L'air polaire maritime évolué est sans doute moins réchauffé à Cherbourg qu'à Caen, car il n'y provoque pas de maxima supérieur à 15°.

L'air polaire continental venant du continent et l'air tropical maritime expliquent la majorité des maxima de température de plus de 25° à Cherbourg. L'air polaire continental a un rôle secondaire à Caen.

Ce tableau nuance le rôle essentiel de l'air polaire maritime en été.

L'AUTOMNE est, comme le printemps, une saison de transition.

Le tableau suivant donne les moyennes des minima et maxima des diverses masses d'air en automne.

	Caen		Cherbourg	
	Tn	Tx	Tn	Tx
Air polaire maritime	8°4	14°7	10°9	15°3
Air polaire continental	7°3	18°7	11°6	17°9
Air polaire maritime évolué	7°6	17°8	10°1	17°1
Air arctique maritime	2°6	9°8	6°1	11°1
Air tropical maritime	12°	16°7	13°4	16°6
Moyenne de la période 1931- 1960	7°5	15°3	10°3	15°2

L'automne est beaucoup plus chaud que le printemps. Une seule masse d'air est plus froide : l'air arctique maritime à Caen . Les coulées arctiques commencent en Novembre, c'est-à-dire pendant le mois le plus froid de l'automne, ce qui explique ce résultat.

Le refroidissement est important pour les maxima, faible pour les minima. Il est plus accentué pour Caen que pour Cherbourg (influence océanique).

Les maxima dans l'air polaire continental et maritime évolué sont plus élevés que ceux de l'air polaire maritime. A ce point de vue, l'automne continue l'été.

Le refroidissement de l'air polaire maritime est régulier en Automne à la différence du Printemps où un réchauffement important survient en Mai :

	à Caen		à Cherbourg	
Septembre	10°7	et 17°7	13°5	et 18°3
Octobre	8°5	15°1	11°1	15°4
Novembre	6°	11°5	8°4	12°5

Aucun minimum à Cherbourg n'est inférieur à 4° (8,7 % à Caen). Plus de la moitié des minima se situent entre 4 et 10° à Caen, entre 10 et 15° à Cherbourg, qui est nettement favorisé. Quelques rares gelées apparaissent à Caen.

Les minima dus à l'air polaire maritime évolué sont légèrement inférieurs à Cherbourg et nettement plus bas à Caen, surtout en Novembre. Dans l'air polaire maritime évolué comme dans l'air polaire continental, en Novembre, le refroidissement des températures commence.

Air polaire maritime évolué

	à Caen		à Cherbourg	
Septembre	8°5	et 21°8	12°9	et 20°
Octobre	6°8	16°8	9°9	16°4
Novembre	1°2	7°5	6°4	10°2

Air polaire continental

	à Caen		à Cherbourg	
Septembre	10°1	et 23°6	14°	et 20°4
Octobre	7°2	21°5	12°8	21°1
Novembre	2°3	6°7	6°1	10°

Le caractère hivernal débute en Novembre. Mais les températures restent plus élevées qu'en Décembre.

Pourcentage des minima de températures en fonction
des masses d'air en Automne

	Caen				Cherbourg			
	inférieur à 0°	de 4° à 4°	+ de à 10°	10°	inférieur à 4°	de 4° à 10°	de 10° à 15°	+ de 15°
P.M.	30	44,7	75,8	75,6	-	74,4	73,4	68,6
P.M.E.	10	10,5	8,1	3,5	-	7,3	7,1	2,9
P.C.	40	26,3	13,4	17,4	100	12,2	12,3	28,6
A.M.	20	18,4	2,7	-	-	6,1	2,6	-
T.M.	-	-	-	3,5	-	-	2,6	-

L'air polaire maritime explique les trois quarts des températures égales ou supérieures à 10°.

L'air polaire continental est responsable de 40 % des gelées à Caen, et de toutes les températures inférieures à 4° à Cherbourg, et également d'une part non négligeable des minima les plus élevés. Le premier phénomène commence en début de saison, le second, en fin.

Ces quelques remarques montrent l'importance des masses d'air différentes pour l'explication des températures : l'air tropical maritime est toujours le plus chaud, l'air arctique maritime est le plus souvent froid, l'air polaire maritime doux. L'air polaire continental et le polaire maritime évolué ont des actions beaucoup plus contrastées. Cherbourg apparaît comme plus océanique, Caen comme plus continental.

II- L'INFLUENCE DES MASSES D'AIR SUR LES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations sont provoquées par l'ascendance de l'air dont la nature n'est pas obligatoirement semblable à celle de la couche proche du sol. Pour être valable, cette étude devrait être faite à l'aide de sondages. Aucune station normande ne pratique les radio-sondages; les stations les plus proches sont Brest et Trappes. L'éloignement de ces deux centres rend délicate l'utilisation de leurs radio-sondages pour la Normandie. Les résultats différents trouvés pour Caen et Cherbourg, stations pourtant assez voisines, n'incitent guère à utiliser systématiquement des sondages effectués à l'extérieur de notre région. Aussi cette étude concernant l'influence des masses d'air sur les précipitations restera-t-elle forcément sommaire et les conclusions qui pourront en être tirées garderont un caractère précaire. Un autre élément rend cette étude peu valable : très fréquemment, c'est le contact entre deux masses d'air qui provoque le maximum de précipitations et, dans ce cas, il est impossible de faire la part de chacune des deux masses d'air. Le chapitre suivant étudiera cette influence. Les renseignements ci-dessous sont donc donnés simplement à titre indicatif et les remarques effectuées n'ont qu'une valeur relative.

Variations des précipitations selon les masses d'air

Les chiffres donnés représentent des millimètres par journée d'air polaire ou arctique.

	<u>Hiver</u>	<u>Printemps</u>	<u>Été</u>	<u>Automne</u>	<u>Moyenne annuelle</u>
Air polaire maritime					
Caen	2,76	2,18	1,87	3,11	2,47
Cherbourg	5,32	2,50	1,77	4,55	3,37
Air polaire maritime évolué					
Caen	0,49	0,92	0,46	0,76	0,62
Cherbourg	0,52	1,45	0,83	0,46	0,78
Air arctique maritime					
Caen	3,52	1,34	3,02	5,2	2,58
Cherbourg	2,88	0,81	2,28	4,65	1,99
Air polaire continental					
Caen	0,03	1,24	0,06	0,22	0,5
Cherbourg	0,03	1,07	0,03	0,08	0,38
Air arctique continental					
Caen	4,34	0	-	-	2,41
Cherbourg	5,34	0	-	-	2,09
Air tropical maritime					
Caen	8,4	-	1,01	2,01	1,67
Cherbourg	16,4	-	2,55	7,3	4,19

Le tableau précédent montre la variation de l'intensité des précipitations en fonction des masses d'air. Les deux stations présentent des caractères différents :

- L'air arctique maritime est toujours plus humide à Caen qu'à Cherbourg.
- L'air tropical apporte plus de pluie à Cherbourg.
- L'air polaire maritime est beaucoup plus humide à

Cherbourg, sauf en été.

- L'air polaire continental est sec ; les seules précipitations abondantes tombent au printemps.

Nous ne parlerons pas des autres masses d'air ; les cas sont trop peu nombreux, les moyennes sont simplement données à titre indicatif.

Essayons d'expliquer ces différences :

- Air polaire maritime : Les variations au cours de l'année sont assez curieuses : à Caen, les différences entre les saisons sont faibles ; le rapport entre la saison la moins pluvieuse (été) et la plus pluvieuse (automne) n'atteint pas 1 à 2, alors qu'à Cherbourg il est de 1 à 3. En hiver, dans cette dernière station, l'air polaire maritime apporte environ le double de pluie, par jour de précipitation, qu'à Caen. Une explication vient tout de suite à l'esprit : la position plus ou moins maritime des deux stations.

En hiver, la presqu'île du Cotentin reçoit directement les masses d'air chargées d'humidité venant de l'Océan. Notons immédiatement que la direction dominante est l'Ouest, en toutes saisons.

En hiver, le contraste de température entre la terre et la mer est le plus important. A Caen, l'air s'est déjà refroidi et asséché pendant la traversée Ouest-Est de la Normandie ; d'autre part, les influences anticycloniques établies sur le continent se font davantage sentir.

Au printemps, l'égénéralisation des températures de la terre et de la mer n'est pas favorable aux fortes pluies

et la différence entre Caen et Cherbourg représente à peu près la baisse de la pluviosité due à l'éloignement de la mer.

En été, l'échauffement de la surface du sol et de l'air en contact est plus intense à Caen qu'à Cherbourg, refroidi par la proximité de la mer. Des phénomènes de thermo-convection peuvent renforcer l'action des perturbations à l'intérieur des terres et provoquer l'inversion de l'intensité des précipitations.

En automne, le contraste entre l'air marin chaud et le sol déjà refroidi est plus fort à Caen qu'à Cherbourg où les températures restent douces. L'écart entre la pluviosité des deux stations est moins accusé qu'en hiver.

La variation mensuelle de l'intensité des pluies apporte quelques compléments à la variation saisonnière. Le croquis R p. 29 souligne encore les différences entre les stations. L'intensité est très forte à Cherbourg d'Octobre à Janvier, à Caen seulement au mois d'Octobre. C'est à partir de ce mois que commence le refroidissement de la saison froide. L'intensité est faible à Cherbourg de Mai à Août (c'est en Mai que se produit l'augmentation brutale des températures). A Caen, les différences sont moins importantes. Pour expliquer ces phénomènes, il faudra faire intervenir les types de temps. La principale conclusion que l'on peut tirer de cette étude sommaire souligne la variation importante, d'une station à l'autre, de la pluviosité liée aux masses d'air, alors que le type de temps

est sensiblement le même, les deux stations étant très proches.

- Pour l'air arctique maritime, l'évolution au cours des saisons est semblable à Caen et à Cherbourg : l'automne est la saison la plus arrosée, suivie par l'hiver, l'été et le printemps. Comment expliquer les différences avec l'air polaire maritime ? Peut-on proposer comme explication de la plus forte pluviosité en automne le contraste plus grand des températures entre la mer et l'air arctique ? En automne, la mer est extrêmement chaude par rapport à l'air venant de régions très septentrionales où la radiation solaire devient insignifiante, sinon nulle. L'air polaire, lui, vient rarement en droite ligne des régions froides. En hiver, la situation est encore plus difficile à expliquer. Pourquoi la pluviosité est-elle plus forte à Caen dans l'air arctique (ce qui est du reste un phénomène valable toute l'année) et beaucoup plus faible à Cherbourg ? Est-ce dû au hasard, à la masse d'air proprement dite, ou aux types de temps que l'on trouve le plus souvent associés à l'air arctique ? Autant de questions auxquelles il est impossible pour le moment de répondre.

- L'air polaire maritime évolué et l'air polaire continental sont des masses d'air sèches provenant très souvent de masses maritimes stagnant depuis un certain nombre de jours sur le continent et ayant perdu, de ce fait, une grande partie de leur humidité. Elles sont le plus souvent associées à des types de temps anticycloniques.

-L'air arctique continental est beaucoup trop rare pour pouvoir être étudié efficacement. La même remarque s'applique à l'air tropical maritime. Pour ce dernier, il est frappant de constater le contraste extraordinaire entre les deux stations, Cherbourg recevant de 2 à 3 fois plus de précipitations. On peut noter la formule saisonnière de ces masses d'air :

Air polaire maritime :

Cherbourg	:	HAPE
Caen	:	AHEP

Air arctique maritime :

Cherbourg et Caen : AHEP.

Nous n'attachons guère d'importance à ces formules. Il nous faudra examiner, lors de l'étude des types de temps, si ces différences entre les masses d'air sont liées à leur nature ou dépendent de la fréquence des types de temps. Cette étude de la pluviosité en fonction des masses d'air pose de nombreux problèmes. Il est à peu près impossible de séparer les caractères qui dépendent de la masse d'air et ceux liés au type de temps proprement dit.

III- MASSES D'AIR ET VENTS

On peut faire une réflexion identique en ce qui concerne l'influence des masses d'air sur les vents. La turbulence d'une masse d'air dépend davantage du champ

de pression que du caractère intrinsèque de la masse d'air. Les questions que nous sommes amenée à nous poser sont seulement celles-ci : quelle direction du vent est la plus fréquente en liaison avec une masse d'air ? Les vitesses varient-elles selon les masses d'air ? Pour faire cette étude, nous avons choisi la direction et la vitesse du vent maximum de la journée, car nous connaissons l'heure à laquelle ce phénomène survient. Il est possible de déterminer avec une assez grande précision la masse d'air qu'il y avait sur la région à cet instant précis. Quelques jours ont été éliminés car le vent maximum a soufflé au moment du passage du front et il est impossible, à ce moment-là, de déterminer la masse d'air. Voilà les résultats, à Cherbourg, pour les 9 mois d'hiver des années 1958, 1959, 1960.

<u>Direction du vent</u>	<u>Polaire maritime</u>	<u>Polaire maritime évolué</u>	<u>Arctique maritime</u>	<u>Polaire continental</u>
W	47	-	4	-
WNW	6	-	5	-
NW	1	1	4	-
NNW	6	-	5	-
N	5	-	4	-
NNE	5	3	2	-
NE	4	2	2	2
ENE	8	2	1	8
E	11	-	5	9
ESE	4	1	1	2
SE	1	1	-	-
SSE	1	-	-	-
S	15	1	1	4
SSW	35	1	3	-
SW	20	1	-	-
WSW	13	-	2	1
Total	182	13	39	26

Nous avons éliminé les masses d'air arctique continental (4 cas) et tropical maritime (2 cas). Une première remarque s'impose : selon les masses d'air, des directions privilégiées apparaissent :

- Air polaire maritime : dans 26 % des cas, le vent vient de l'Ouest, dans 19 % des cas du SSW.

- Air arctique maritime : la répartition ne fait pas apparaître des directions aussi fréquentes que dans l'air polaire maritime : dans 14 % des cas, l'air vient de WNW, NNW, E.

- Air polaire maritime évolué : vent de NNE dans 23 % des cas.

- Air polaire continental : vent d'Est dans 24 % des cas.

Le regroupement des directions du vent en quatre rubriques fait davantage ressortir l'opposition entre les masses d'air :

<u>Directions</u>	<u>Polaire maritime</u>	<u>Polaire maritime évolué</u>	<u>Arctique maritime</u>	<u>Polaire continental</u>
WNW, NW, NNW, N	18	1	18	-
NNE, NE, ENE, E	28	7	10	19
ESE, SE, SSE, S	21	3	2	6
SSW, SW, WSW, W	115	2	9	1

L'air polaire maritime est essentiellement associé à un vent venant du quart Ouest-Sud-Ouest, l'air polaire maritime évolué à un vent venant du quart Est-Nord-Est, comme l'air polaire continental ; l'air arctique maritime, à un vent venant du quart Nord-Ouest. Ces résultats sont parfaitement logiques ; l'air polaire maritime vient surtout

de l'océan, l'air arctique arrive en droite ligne des régions polaires ; l'air polaire maritime évolué et l'air continental sont des masses d'air stagnantes sur le continent et par suite se trouvent à l'Est de notre région. Les résultats à Caen sont assez identiques.

<u>Direction du vent</u>	<u>Polaire maritime</u>	<u>Polaire maritime évolué</u>	<u>Arctique maritime</u>	<u>Polaire continental</u>
W	53	3	9	1
WNW	6	1	1	-
NW	6	-	5	2
NNW	4	-	2	-
N	5	-	3	2
NNE	3	-	-	3
NE	5	1	1	4
ENE	3	3	1	2
E	7	2	3	5
ESE	7	3	1	1
SE	5	1	1	2
SSE	7	1	-	2
S	8	2	1	-
SSW	34	-	-	1
SW	20	-	1	-
WSW	15	-	3	1
Total :	188	16	32	26

Il est assez difficile de noter les réactions différentes des masses d'air dans les deux stations : les vents d'Ouest et de Nord-Ouest sont plus fréquents à Caen quelle que soit la masse d'air, tandis que les vents d'Est à Nord-Nord-Est sont plus rares. Il est fort probable, et il faudra le démontrer ultérieurement, que ces différences tiennent aux positions différentes des stations.

Le groupement des vents fait apparaître d'autres différences.

<u>Directions</u>	<u>Polaire maritime</u>	<u>Polaire maritime évolué</u>	<u>Arctique maritime</u>	<u>Polaire continental</u>
WNW, NW, NNW, N	21	1	11	4
NNE, NE, ENE, E	18	6	5	14
ESE, SE, SSE, S	22	6	3	5
SSW, SW, WSW, W	122	3	13	3

La principale, c'est l'importance du quart Ouest-Sud-Ouest pour l'air arctique maritime. Il n'est pas possible pour le moment de donner une explication à ce phénomène. En dehors de cela, on retrouve des caractères assez identiques, mais les vents de secteurs NNE et E sont moins fréquents. Peut-être est-ce dû à la position différente des deux stations : les vents de NNE et E arrivent de la mer à Cherbourg, du continent à Caen (croquis N° 1 et 2, R p. 30 : Roses des vents à Cherbourg et à Caen dans l'air polaire maritime en hiver).

En été, la direction du vent en liaison avec les masses d'air est un peu différente : le nombre de jours d'air arctique est trop insignifiant pour que le relevé de la direction du vent ait quelque valeur.

Cherbourg

<u>Direction</u> <u>du vent</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u> <u>évolué</u>	<u>Tropical</u> <u>maritime</u>	<u>Polaire</u> <u>continental</u>
WNW	19	3	4	-
NW	15	1	-	-
NNW	7	1	-	-
N	6	2	-	1
NNE	4	-	2	2
NE	13	5	2	1
ENE	17	4	-	4
E	3	1	-	2
ESE	3	2	-	-
SE	2	-	-	-
SSE	1	-	1	-
S	3	-	-	-
SSW	8	1	2	-
SW	22	1	1	-
WSW	25	-	2	1
W	71	2	2	-

Caen

<u>Direction</u> <u>du vent</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u> <u>évolué</u>	<u>Tropical</u> <u>maritime</u>	<u>Polaire</u> <u>continental</u>
WNW	13	-	1	-
NW	9	1	-	-
NNW	7	6	1	-
N	18	2	1	1
NNE	28	7	1	4
NE	7	1	-	1
ENE	2	1	-	1
E	4	-	-	4
ESE	2	-	1	-
SE	2	1	-	-
SSE	2	-	-	-

Caen

<u>Direction du vent</u>	<u>Polaire maritime</u>	<u>Polaire maritime évolué</u>	<u>Tropical maritime</u>	<u>Polaire continental</u>
S	4	-	1	-
SSW	6	1	-	-
SW	14	-	3	-
WSW	20	1	1	-
W	77	4	2	-

Répartition des directions par secteur

<u>Directions</u>	<u>Polaire maritime</u>	<u>Polaire maritime évolué</u>	<u>Tropical maritime</u>	<u>Polaire continental</u>
-------------------	-----------------------------	--	------------------------------	--------------------------------

Cherbourg

WNW, NW, NNW, N 47	7	4	1
NNE, NE, ENE, E 37	10	2	9
ESE, SE, SSE, S 9	2	1	0
SSW, SW, WSW, W 126	4	7	1

Caen

WNW, NW, NNW, N 47	9	3	1
NNE, NE, ENE, E 41	9	1	10
ESE, SE, SSE, S 18	2	1	0
SSW, SW, WSW, W 117	6	6	0

En été (Croquis N° 1 et 2 R, p. 31), la direction des vents en fonction des masses d'air est à peu près équivalente sur les deux stations, beaucoup plus qu'en hiver. Les vents venant du secteur Sud-Sud-Ouest à Ouest restent les plus nombreux. Par contre, les vents de secteur Nord-Ouest à Est sont beaucoup plus fréquents qu'en hiver dans l'air polaire maritime. Et les vents de Sud-Sud-Est à Sud

sont particulièrement rares dans cette masse d'air. Les autres masses d'air sont toujours aussi peu fréquentes. Les vents associés à l'air polaire maritime évolué viennent davantage du Nord-Ouest en été qu'en hiver. Les directions des vents de l'air tropical ne sont pas très caractéristiques. L'air polaire continental présente des caractères équivalents en hiver et en été, le vent vient à peu près exclusivement du secteur Nord-Nord-Est à Est.

Il est également intéressant d'étudier la variation des vitesses des vents en fonction des masses d'air. Une première remarque : la vitesse est extrêmement variable quelle que soit la masse d'air. Pour étudier cette vitesse, deux valeurs peuvent être choisies : la vitesse moyenne de la journée relevée à des heures précises ou la vitesse maximale du vent au cours de la journée. La première, résultant d'une moyenne, est beaucoup plus faible, mais ces deux valeurs réagissent à peu près de la même façon.

Vitesse moyenne du vent en m/s selon les masses d'air

en hiver

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>
Polaire maritime	4,8	5,7
Polaire maritime évolué	3	2,5
Arctique maritime	5	5
Polaire continental	3,4	2,8

En été

Polaire maritime	3,3	3,9
Tropical maritime	2,6	3
Polaire maritime évolué	3,1	4
Arctique maritime	3,3	4,4 (3 cas)
Polaire continental	1,8	2,6

Vitesse du vent maximal instantané

- En hiver

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>
Polaire maritime	14,7	14,1
Polaire maritime évolué	9,2	7,9
Arctique maritime	15,1	12,5
Polaire continental	8,9	7,1

- En été

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>
Polaire maritime	10,3	11
Tropical maritime	9,5	10,7
Polaire maritime évolué	9	10,9
Arctique maritime	11	12,3
Polaire continental	7,5	8,6

Il n'existe pas de différences très importantes entre la vitesse du vent dans les deux stations : la vitesse du vent à Caen est légèrement supérieure à celle qu'on note à Cherbourg en été ; elle serait plutôt inférieure en hiver, surtout pour la vitesse du vent maximal instantané et pour les masses d'air continentales ou en cours de continentalisation.

Les masses d'air polaire maritime et arctique maritime sont accompagnées des vents les plus forts. La principale raison est la liaison de ces masses d'air avec des temps perturbés ; les masses d'air polaire maritime évolué et polaire continental sont le plus souvent accompagnées d'anticyclones peu favorables aux vents violents. En hiver, les vents liés à l'air arctique sont les plus rapides à Cherbourg ; à Caen, ce sont les vents des masses d'air polaire maritime. En été, la vitesse du vent est plus fai-

ble, quelle que soit la masse d'air. Il n'est pas possible de comparer l'air polaire maritime à l'air arctique car les cas sont trop peu nombreux. L'air tropical maritime est lié à des vents, semble-t-il, un peu moins rapides que dans les autres masses d'air maritimes. L'air polaire maritime évolué est moins semblable à l'air continental en été qu'en hiver.

En hiver, le vent maximal instantané souffle le plus fréquemment entre 10 et 14,9 m/s tant dans l'air polaire maritime que dans l'air arctique maritime, aussi bien à Cherbourg qu'à Caen. Les vents plus violents sont plus nombreux, sauf à Caen, pour l'air arctique maritime où il y a égalité. La vitesse du vent la plus représentative de l'air polaire continental varie de 5 à 9,9 m/s.

En été, la vitesse du vent est plus faible, de 5 à 15 m/s, le vent est légèrement plus rapide à Caen qu'à Cherbourg, sauf pour les vents supérieurs à 20 m/s. La variation des vitesses, tant en hiver qu'en été, est beaucoup plus importante dans l'air maritime que dans l'air continental : la vitesse de 5 à 10 m/s représente dans tous les cas plus de la moitié et jusqu'à plus de 80 % des cas. Cette différence provient vraisemblablement de la complexité plus grande des types de temps où l'air vient de l'océan alors que l'air continental est le plus souvent associé à un anticyclone.

La vitesse des vents en fonction des masses d'air est, en fait, tributaire des directions. Peut-être existe-

t-il un dynamisme de l'air propre à la masse d'air ?

En effet, si l'on compare le vent venant de la même direction dans une masse d'air polaire maritime et arctique maritime, on trouve des résultats très différents ; nous avons choisi les directions les plus fréquentes dans l'air polaire maritime (Ouest) et dans l'air arctique maritime (W.NW, N.NW, Est) en hiver, à Cherbourg.

<u>Direction</u>	<u>Polaire maritime</u>	<u>Arctique maritime</u>
W	16,3 m/s	10,2 m/s
W.NW	12,2	16
N.NW	11,7	14,2
E	9,1	15,6

Remarquons qu'il existe une corrélation entre la vitesse du vent et sa fréquence dans chaque masse d'air : les trois directions les plus fréquentes dans l'air arctique maritime WNW, NNW, E sont liées à des vitesses élevées semblables à celles que l'on note dans l'air polaire maritime par vent d'Ouest. Il est à peu près impossible de faire une étude semblable en été, car aucune masse d'air autre que l'air polaire maritime n'a une fréquence suffisante pour que les résultats puissent être valables.

IV- MASSES D'AIR ET TYPES DE TEMPS

Le problème qui se pose à nous est celui-ci : peut-on, à l'intérieur d'un même type de temps, utiliser la notion de masse d'air pour faire des distinctions ?

1°- Le très grand déséquilibre entre la fréquence des masses d'air (7 jours sur 10, notre région est recouverte par de l'air maritime) représente un premier handicap. Dans certains types de temps, seule cette dernière masse d'air est représentée.

2°- La distinction entre certaines masses d'air n'est pas toujours aussi nette que celle que l'on peut voir sur le B.Q.E. du 23 Janvier 1959 à 18 heures sur la Normandie (R p. 32) : l'air polaire maritime vient du Sud-Ouest, l'air arctique maritime du Nord-Ouest. Il peut y avoir mélange des deux masses d'air comme le 5 Janvier 1959 à 18 heures. Il peut y avoir transition lente entre air polaire maritime froid et l'air arctique maritime comme le 12 Janvier 1958 à 6 heures (R p. 33).

La définition précise des masses d'air est donc souvent assez complexe.

3°- Au cours de cette étude, un problème s'est sans cesse posé : les résultats observés sont-ils dus à l'influence de la masse d'air ou à celle du type de temps ? Aucun type de temps n'est lié entièrement à une masse d'air : l'air polaire maritime existe dans chaque cas. C'est l'air polaire continental qui correspond à des types de temps

les plus homogènes : anticyclones continentaux en très grande majorité, accessoirement type occidental de voie I avant la pénétration des masses océaniques.

L'air arctique maritime correspond à des types de temps beaucoup plus variés :

Nord	
Nord-Ouest	voie 3 ou 5
Ouest	voie 4 sud
Anticyclone ...	

Pour essayer de définir l'influence des masses d'air sur le temps, nous allons choisir des types de temps aussi voisins que possible et étudier les températures et les précipitations en fonction des masses d'air.

Air polaire maritime - air continental

Les deux situations sont à peu près identiques : un anticyclone centré sur l'Ecosse et la Mer du Nord, prolongé sur le continent par une dorsale, dirige sur notre région des masses d'air venant de l'Est, maritime pour le 3 Février 1959 (Carte N° 1, R p. 34), continental pour le 8 Février 1960 (Carte N° 2, R p. 34). Dans notre région, les températures minime sont identiques ou légèrement plus froides dans l'air polaire maritime, les températures maxima sont nettement plus froides (Cartes N° 1 et N° 2, R p. 35). Il semble bien que, dans ce cas, les différences soient très faibles et que la masse continentale arrive très atténuée en Normandie. Ce n'est qu'à partir de Paris, Chartres, que l'air continental est nettement plus froid. Cet exemple

montre assez bien que choisir la masse d'air comme critère ne serait pas très valable.

Air polaire maritime - Air arctique maritime

Les deux exemples sont un peu plus différents, mais présentent quand même un grand nombre d'analogies : une dépression au sud de la Scandinavie dirige sur l'Europe du Nord-Ouest un flux de secteur Nord devenant progressivement Nord-Ouest sur nos régions : le 3 Janvier 1959, la masse d'air est polaire, le 16 Février 1960 arctique maritime (Voir Cartes N° 1 et N° 2 R, p. 36). Dans ce cas, la comparaison des cartes de température (R p. 37 et R p. 38) montre une différence très nette : l'air polaire est beaucoup plus chaud, surtout au moment des minima ; les pluies sont plus importantes, quoique dans l'air arctique le front stationnaire est finalement plus proche. Dans l'air polaire maritime, Cherbourg est plus arrosée, à la différence de ce qui se passe dans l'air arctique. Le 16 Février 1960, Cherbourg est la station normande la plus proche de la divergence qui se situe au large des côtes bretonnes, mais cette raison est-elle suffisante ? Dans cet exemple, il semble bien qu'une différence réelle soit créée par les masses d'air.

Cette démonstration peut être poussée plus loin : pendant 10 hivers de 1951 à 1960, nous allons comparer pour un même type de temps les résultats différents que l'on obtient pour les températures et les pluies selon les diverses masses d'air. Nous n'avons choisi que des exemples

où il n'y a pas de doute concernant la masse d'air, ce qui explique le nombre relativement restreint de cas.

Nous avons choisi les temps de Nord-Ouest voie 5, parmi lesquels on rencontre tous les types de masses d'air. Voilà les résultats obtenus en hiver à Cherbourg et à Caen.

<u>Cherbourg</u>				
<u>Masse d'air</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u>	<u>Arctique</u> <u>maritime</u>	<u>Polaire</u> <u>continen-</u> <u>tal</u>	<u>Arctique</u> <u>continen-</u> <u>tal</u>
Nombre de cas	15	7	4	2
Moyenne des minima	5°	2°9	3°	- 2°5
Moyenne des maxima	8°	6°7	5°3	1
Précipitation moyenne par jour	4,7 mm	3,6 mm	0	1,5
<u>Caen</u>				
Moyenne des minima	2°5	0°4	0°3	- 12°
Moyenne des maxima	7°2	4°	3°8	- 3°
Précipitation moyenne par jour	3,2	4,6 mm	1,3 mm	0

Comme nous avons affaire à un type de temps particulier et un nombre de cas assez restreint, il y a des différences sensibles avec la moyenne trouvée pour l'ensemble des masses d'air pour nos trois années (voir p. 79).

L'air polaire est nettement plus froid qu'en moyenne : la trajectoire NW 5 est très méridionale et l'air froid atteint la Normandie. Cherbourg est plus arrosée que Caen. A Cherbourg, on retrouve des chiffres voisins de ceux de la moyenne 1958-1960. A Caen, si la température minimum est très légèrement supérieure, la température maximum est nettement plus basse, dans l'air arctique maritime. De

toute façon, l'air arctique maritime est plus froid que l'air polaire maritime, résultat que nous avons déjà constaté : 2°1 pour les minima, 1°3 à Cherbourg, 3°2 à Caen pour les maxima. La différence entre les deux masses d'air apparaît donc très clairement. Dans l'air polaire continental, l'amplitude est beaucoup plus faible que ce que nous avons noté. Ceci s'explique facilement. Ici, le temps est perturbé alors que la majorité des cas présentent des caractères anticycloniques avec des temps peu couverts, favorables à une amplitude assez forte. La masse d'air continental est légèrement plus froide que l'air arctique maritime, mais la différence est plus faible que dans la période 1958-1960. L'air arctique continental est toujours le plus froid. La pluviosité varie à peu près de la même façon que pendant les trois hivers : Cherbourg est plus arrosée que Caen, mais l'écart est moindre que pendant les trois ans étudiés. Dans l'air arctique maritime, la pluviosité est supérieure à celle que nous avons notée précédemment, et Caen reste toujours la station la plus humide des deux. L'air continental, qu'il soit polaire ou arctique, est sec.

Considérons maintenant trois types de temps correspondant aux trois masses d'air principales. Dans les trois cas, la trajectoire est sensiblement la même : Atlantique, Espagne, Méditerranée. Mais la situation au sol est très différente. Les deux situations les plus semblables sont

celles du 20 Janvier 1958 (air arctique maritime) et du 5 Janvier 1952 (air polaire maritime) : cartes R p. 39-40. La différence de température entre ces deux jours est très importante (Cartes R p. 41-42) et atteint :

6° à Cherbourg, 6° à Caen (minima)
3° 6° (maxima).

Cherbourg est plus arrosée dans l'air polaire (4 mm au lieu de 1), Caen dans l'air arctique (2 et 6 mm). Nous retrouvons ici les remarques faites précédemment.

La différence de température s'explique aisément : le 5 Janvier 1952, l'air qui atteint la Normandie vient de régions situées vers le 55° et cet air polaire a effectué un assez long trajet sur l'Océan et n'est guère froid ; il a contourné, par le Nord, un anticyclone centré sur le quarantième parallèle. Le 20 Janvier 1958, on observe, presque sur toute la Normandie, un temps de Nord. L'air arctique vient directement de régions très septentrionales et un anticyclone centré sur le Groënland empêche la pénétration de masses d'air océaniques sur la région. Les températures sont donc très basses.

Le 24 Janvier 1952 (Cartes R p. 43-44), la perturbation 5d a suivi la même trajectoire que dans les exemples précédents, mais la dépression D4 dirige sur la Normandie un flux continental de Sud-Est, les températures sont très basses et la présence de la perturbation ne se fait guère sentir. Dans d'autres cas semblables, il peut

y avoir une certaine nébulosité ou un ou deux millimètres de pluie, mais jamais plus.

Récapitulons les principaux caractères des masses d'air. L'air polaire maritime apparaît doux et humide, surtout en hiver. Au printemps et en hiver, l'air arctique maritime, pluvieux également, provoque un léger refroidissement des températures. L'air polaire continental, toujours sec, froid de Novembre à Mars, est associé à des températures élevées le reste de l'année. L'air tropical maritime, très rare en hiver et au printemps, explique les plus forts maxima de température.

Ces divers caractères sont déjà connus. Par contre, il faut insister sur l'action différente des masses d'air selon les stations. Cherbourg, par exemple, reçoit davantage de pluie par air polaire maritime ou tropical ; Caen, au contraire, par air arctique maritime.

La nature des masses d'air constitue cependant un élément secondaire dans l'explication du temps. En effet, il est assez difficile de définir avec précision la nature de la masse d'air ; d'autre part, la Normandie baigne 7 jours sur 10 dans l'air polaire maritime.

C h a p i t r e I V

INFLUENCE DE LA DIRECTION DES MASSES D'AIR SUR LE TEMPS

Une même masse d'air apparaît tantôt froide, tantôt tiède ou chaude, selon le trajet qu'elle a suivi avant d'arriver sur l'Europe occidentale. Comme elle se déplace parallèlement aux isobares, il suffit d'examiner la direction des isobares au niveau de la Normandie pour effectuer cette étude. Il faut toutefois apporter une distinction entre deux trajectoires identiques. Par exemple, le 11 Janvier 1958 comme le 20 Janvier 1960, l'air vient de Nord-Ouest. Mais dans le premier cas, la direction reste inchangée depuis la côte du Groënland, dans le second, seulement depuis le Sud de l'Irlande (Cartes N° 1 et 2 R, p. 46). L'origine est alors différente. Aussi examinerons-nous la direction au niveau de la Normandie, mais en plus les cas où la masse d'air garde la même direction pendant 15° de latitude, au moins (signe A ajouté à la direction). L'étude de la température et de la pluviosité sera entre-

prise pour quatre stations : Cherbourg, Caen, Alençon, Rouen. La direction des isobares a été relevée sur la carte de la situation générale du B.Q.E..

L'étude portera sur l'hiver et l'été des trois années 1958-1959-1960. Ce travail ne présente pas la même valeur que les recherches du chapitre précédent : il est simplement un complément. Aussi, l'examen des saisons intermédiaires nous est-il apparu comme superflu : il y a beaucoup de différences entre les températures de Mars et de Mai, de Septembre et de Novembre. Certaines directions sont peu fréquentes et la moyenne, dans ces cas-là, n'aurait guère été significative.

Dans une première partie, la direction seule des masses d'air sera étudiée sans tenir compte de la composition de ces dernières. On cherchera ensuite les liens qui existent entre directions et masses d'air. Enfin, dans une même masse d'air, on cherchera les différences selon les directions.

I- LA DIRECTION DES MASSES D'AIR EN HIVER

ET SON INFLUENCE SUR LE TEMPS.

Fréquence de la direction des masses d'air

Ouest	72 (40 conservant cette direction	
Nord-Ouest	33 (12)	longtemps)
Nord	16 (8)	
Nord-Est	11 (2)	

Est	37 (16)
Sud-Est	20 (8)
Sud	13 (4)
Sud-Ouest	57 (16)

L'Ouest est la direction la plus fréquente : ceci est conforme au sens de la rotation de la terre. Ces masses d'air traversent souvent tout l'Atlantique d'Ouest en Est. Ce sont les masses qui gardent le plus fréquemment et le plus longtemps la même direction, direction la plus en accord avec la circulation zonale. La direction Sud-Ouest est fréquente. Elle est liée au nombre des coulées froides venant du Nord au large des côtes occidentales de l'Europe, et créant, vers le large du Portugal, des cyclogenèses qui déterminent des remontées de SW. Les autres directions restent secondaires. Notons la rareté des directions Nord et Sud.

A)- L'influence de la direction des isobares sur les températures, pendant l'hiver.

Tableau des températures minimales
en fonction de la direction des masses d'air (1)

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Rouen</u>
W	6°5 (7°3)	4°4 (4°9)	3°7 (4°1)	3°9 (4°4)
NW	5° (3°7)	2°5 (0°5)	1°7 (0°2)	1°3 (-0°4)
N	4°3 (4°4)	0°3 (1°4)	- 0°1 (1°3)	- 0°9 (0°9)
NE	4°4 (5°)	1°5 (0°5)	1°1 (-1°)	1°2 (-0°4)
E	3°4 (3°4)	- 1°3 (-1°3)	+ 1°9 (-2°2)	- 2° (-2°3)
SE	2°7 (2°6)	- 0°1 (-0°6)	- 0°5 (-0°5)	- 1°4 (-2°5)
S	4°9 (8°2)	2°5 (6°7)	0°6 (4°5)	+ 1°9 (5°7)
SW	7°7 (7°6)	5°7 (5°2)	4°8 (4°4)	4°3 (4°9)

(1)- Les chiffres entre parenthèses sont les moyennes dans les cas de masses d'air ayant gardé la direction sur une grande distance.

Selon les directions (Croquis R, p. 47), les variations de température sont importantes :

- 5° à Cherbourg (SE et SW)
- 7° à Caen (E et SW)
- 6°7 à Alençon (E et SW)
- 6°3 à Rouen (E et SW)

L'air du Sud-Ouest est le plus chaud : il vient de régions océaniques (Voir carte R, p. 48) et de latitudes assez méridionales. La variation des températures entre les stations est assez caractéristique : elle semble répondre à deux exigences : l'éloignement par rapport à la côte de la Manche (continentalité) et la distance à l'Océan (distance pendant laquelle la masse d'air se refroidit). Ceci semble expliquer pourquoi, par exemple, les minima sont plus bas en moyenne à Rouen qu'à Alençon.

A l'exception de Rouen, où la différence de température entre l'air venant du Sud-Ouest et celui venant d'Ouest est insignifiante, l'écart de température entre ces deux directions varie de 1°1 à 1°3. La température des masses d'air ayant traversé l'Océan d'Ouest en Est est nettement plus élevée (0°5 à 0°8). La continentalité joue donc un rôle essentiel dans la différenciation des températures. Notons que, dans ce cas, Rouen, la station généralement la plus froide, devient alors très souvent plus chaude qu'Alençon. Comment expliquer ce fait ? Rouen reçoit un air venant de la Manche, de la Baie de la Seine. L'air qui arrive à Alençon a traversé toute la Bretagne (Cartes R, p. 49-50).

L'air de Nord-Ouest paraît nettement plus froid ; les différences avec les températures d'Ouest atteignent :

1°5 à Cherbourg

1°9 à Caen

2° à Alençon

2°6 à Rouen.

Les régions plus océaniques, situées plus à l'Ouest, subissent un refroidissement moindre que la Haute Normandie qui reçoit un air venant du Bassin de Londres (Carte R, p. 46).

L'air de Sud stationne longtemps sur le continent refroidi car il a suivi une trajectoire de Sud-Est qui s'est progressivement modifiée pour prendre une direction de Sud au niveau de la Normandie. Il provoque, pour cette raison, un abaissement important des températures, à la différence d'un air d'origine méridionale qui prend sa source sur le continent africain, comme c'est le cas le 28 Février 1968. Les températures sont alors très élevées, mais ce phénomène survient moins souvent (Cartes R, p. 52-53).

L'air de Nord-Est est plus chaud que celui du Nord. Peut-être est-ce dû à sa trajectoire : il survole la Mer du Nord et la Manche, un peu plus douces que les Iles Britanniques (Cartes N° 1 et 2, R p. 54-55). La différence entre les types de Nord-Est et d'Ouest (les plus nombreux) est caractéristique :

Cherbourg : 2°1

Caen : 2°9

Alençon : 2°6

Rouen : 2°7

Les écarts sont nettement moins élevés que dans le cas de Nord-Ouest : en effet, l'air qui arrive à Cherbourg vient de latitudes plus septentrionales, donc normalement plus froides à Cherbourg qu'à Rouen par exemple, et ce fait compte, en partie, la position très maritime de Cherbourg par rapport à l'air venant du Nord-Est.

L'air de Nord, sauf à Cherbourg, est nettement plus froid que l'air de Nord-Est. Les différences avec l'air venant d'Ouest sont beaucoup plus importantes :

Cherbourg	:	2°2
Caen	:	4°1
Alençon	:	3°8
Rouen	:	4°8

Plus on va vers l'Est, plus l'air est froid, ce qui est un phénomène normal.

Les deux autres masses d'air d'Est et de Sud-est sont les plus froides : elles viennent du continent. Il est normal que l'air de Sud-Est, originaire de régions plus méridionales, soit légèrement plus doux. A Cherbourg, c'est le contraire. La carte N° 1 R, p. 54 montre très nettement que l'air arrivant dans cette station, de l'Est, traverse davantage de mer que l'air venant du Sud-Est (Carte N° 2 R, p. 54), qui a un trajet à peu près entièrement continental.

Différences de température entre l'air d'Ouest et de

	<u>Sud-Est</u>	<u>Est</u>
Cherbourg	3°8	3°1
Caen	4°5	5°7
Alençon	4°2	5°6
Rouen	5°3	5°9

En systématisant un peu les explications, on peut dire que l'air du Sud-Est, à Alençon, vient de régions plus occidentales et méridionales qu'à Caen et encore davantage qu'à Rouen. Pour un air venant d'Est (si l'on met toujours à part Cherbourg); plus la station est septentrionale plus la différence avec l'air venant de l'Ouest est grande (influence de la latitude).

Au point de vue des minima, cette distinction est très intéressante. Elle explique une partie des différences régionales. Ce dosage subtil des influences de la latitude, de la longitude, de la mer, de la continentalité, permet de distinguer des nuances selon la direction de l'air, d'une station à une autre.

Tableau des températures maxima en fonction
de la direction des masses d'air (1)

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Rouen</u>
W	10° (10°7)	9°2 (9°6)	8°5 (9°)	8°9 (9°6)
NW	8°3 (6°6)	7°7 (5°4)	6°8 (5°2)	6°9 (6°4)
N	6°9 (6°6)	5°4 (5°6)	4°6 (4°2)	4°1 (4°4)
NE	8°2 (7°)	6°6 (4°5)	5°3 (1°)	5°1 (1°5)
E	6°7 (7°2)	3°9 (3°8)	3°2 (2°4)	4° (4°)
SE	7°6 (6°4)	7°2 (6°4)	7°4 (6°4)	6° (4°)
S	10°8 (12°2)	11° (12°7)	10°9 (12°5)	10°7 (12°7)
SW	11°4 (12°)	10°8 (11°6)	10° (11°)	10°3 (11°4)

Les variations de température entre les stations sont plus faibles pour les maxima que pour les minima.

(1)- Voir note 1 de la page 119.

<u>Températures maxima</u>			<u>Températures minima</u>		
W 1°5	entre Cherbourg et Alençon	2°8	entre Cherbourg et Alençon		
NW 1°5	Cherbourg	Alençon	3°7	Cherbourg	Rouen
N 2°8	Cherbourg	Rouen	5°2	Cherbourg	Rouen
NE 3°1	Cherbourg	Rouen	3°3	Cherbourg	Alençon
E 3°5	Cherbourg	Alençon	5°4	Cherbourg	Rouen
SE 1°6	Cherbourg	Rouen	4°1	Cherbourg	Rouen
S 0°3	Caen	Rouen	4°3	Cherbourg	Alençon
SW 1°4	Cherbourg	Alençon	3°4	Cherbourg	Rouen

Pour les températures minima, Cherbourg est toujours la station la plus chaude ; Caen a une moyenne plus élevée pour les températures maxima lorsque l'air vient de Sud.

Les variations de température selon les directions, dans une même station, sont plus élevées pour les maxima que pour les minima, sauf à Cherbourg.

La latitude influence surtout les maxima de température : un air qui vient de régions plus méridionales reçoit davantage d'énergie car le soleil est plus haut au-dessus de l'horizon.

L'origine des masses d'air exerce une action sur les températures (Croquis R, p. 56). L'air venant du Sud provoque les maxima les plus élevés, sauf à Cherbourg. L'influence de la latitude, l'ouverture de la région vers le Sud, contrebalancent efficacement dans la journée le refroidissement nocturne : l'amplitude atteint 10°3 à Alençon. Elle est moindre dans les autres stations à mesure que l'on va vers le Nord :

8°8 à Rouen

7°5 à Caen

5°9 à Cherbourg.

Il serait plus juste de dire : "vers la mer plutôt que vers le Nord" ; si l'on considère les températures à La Pointe du Roc, la station côtière la plus méridionale, l'amplitude est encore moindre qu'à Cherbourg :

Minimum : 4°7
Maximum : 10°
Amplitude : 5°3

On peut se demander pourquoi l'air venant du Sud est plus chaud que celui venant du Sud-Ouest (excepté à Cherbourg). Il faut sans doute chercher la réponse dans la différence d'insolation entre les stations. Prenons Caen comme exemple :

Air de Sud : 4,8 heures en moyenne d'insolation
3 jours d'insolation nulle sur 17

Air de Sud-Ouest :

2 heures
17 jours d'insolation nulle sur 57

L'explication doit donc être cherchée dans des types de temps différents. A Cherbourg, le minimum moyen est beaucoup plus bas par air de Sud que par air de Sud-Ouest ; la proximité de la mer gêne le réchauffement dans la journée et l'air venant du Sud-Ouest occupe la meilleure place.

Lorsque l'air vient de cette dernière direction, Cherbourg est la station qui possède le plus fort maximum. L'insolation, comme nous l'avons vu pour Caen, est moins importante et le réchauffement au cours de la journée est moindre et ne compense pas les températures basses de la nuit qui s'aggravent vers l'intérieur de la Normandie. Alençon a des températures maxima plus faibles que Rouen.

Est-ce parce que la position de Rouen apparaît comme plus continentale par rapport à la trajectoire des masses d'air venant du Sud-Ouest ? La pluviosité y est plus faible, comme nous le verrons ultérieurement ; l'insolation y est très légèrement plus forte :

1,8 heure à Rouen

1,6 heure à Alençon

mais cette différence est trop faible pour jouer un rôle important, et elle n'est pas systématique par ce type de temps. En effet, sur 57 cas, 24 fois Rouen a été la station la plus ensoleillée contre 20 fois Alençon.

A Cherbourg, l'amplitude est la plus faible ; elle est à peu près semblable à celles de Caen et d'Alençon, beaucoup plus faible qu'à Rouen.

Au quatrième rang, on trouve la masse d'air venant du Nord-Ouest, sauf à Alençon, beaucoup plus ouvert aux influences méridionales. On note les mêmes caractères que par air d'Ouest :

Amplitude faible à Cherbourg	3°3
moyenne à Caen et Alençon	5°2-5°1
légèrement plus forte à Rouen	5°6

Ceci explique que Rouen soit très légèrement plus chaud qu'Alençon.

La place de l'air venant du Sud-Est est très différente : quatrième et cinquième. L'amplitude est forte :

4°9 à Cherbourg

7°3 à Caen

7°9 à Alençon

7°4 à Rouen.

C'est à Alençon que le réchauffement est le plus important. N'oublions pas que les températures maxima sont beaucoup plus sensibles à l'influence de la latitude.

Pour les trois autres directions, l'amplitude varie moins selon les stations et est moins forte :

	<u>Nord-Est</u>	<u>Nord</u>	<u>Est</u>
Cherbourg	3°8	2°6	3°3
Caen	5°1	5°1	5°2
Alençon	4°2	4°7	5°1
Rouen	3°9	5°	6°

B)- L'influence de la direction des isobares sur la pluviosité.

Les variations de la pluviosité sont également très importantes :

Répartition des pluies
selon les directions des masses d'air
(moyenne par jour)

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Rouen</u>
W	8,5 mm	4,3 mm	4,6 mm	3,6 mm
NW	3,2	3	2,6	3,3
N	1,9	3,3	2,1	1,9
NE	1,8	1,5	2,8	0,4
E	0,9	0,8	0,6	0,1
SE	0,9	0,8	0	0,3
S	3,8	0,3	0,5	0,3
SW	5,3	2,9	3,9	1,9

A l'exception des temps de Nord et de Nord-Est, Cherbourg est la station la plus arrosée. Cette supériorité apparaît surtout avec les directions d'Ouest, Sud-Ouest et Sud. Dans les deux premiers cas, incontestablement, Cherbourg reçoit un air qui vient directement de la mer. Ce n'est pas le cas pour les autres stations. Pour l'air venant du Sud, la raison est beaucoup moins évidente. Il est aussi très difficile d'expliquer pourquoi Cherbourg n'est pas plus arrosée avec des masses d'air venant de Nord et Nord-Est, alors que la station reçoit un air qui arrive directement de la mer. L'explication ne peut être donnée maintenant car l'influence des trajectoires des perturbations devra être étudiée.

Deuxième remarque : Pour Caen et Rouen, les directions de Nord-Ouest et de Nord apportent autant ou plus de pluie que le Sud-Ouest. Phénomène très explicable : certes, un air venant de Sud-Ouest est plus chaud et devrait donc contenir davantage d'humidité, mais l'air venant de la côte n'a pas perdu son humidité, à la différence de celui du Sud-Ouest qui a déjà traversé une partie de la France. Pour Alençon, c'est le contraire : la station n'est pas située beaucoup plus près de l'Atlantique mais se trouve au sud d'une ligne de partage d'influence que nous verrons plus longuement en étudiant les régions.

L'air venant d'autres directions apporte très peu de pluie, moins de 1 millimètre : Est, Sud-Est et Sud (Cherbourg exceptée). Il est impossible d'expliquer pour le

moment pourquoi Alençon est la station la plus arrosée quand l'air arrive du Nord-Est. De nombreuses questions restent sans réponse.

L'air qui a fait un long trajet sur le continent est beaucoup plus sec : il perd de l'humidité et n'en gagne guère ; il est froid, il est donc incapable de contenir beaucoup de vapeur d'eau.

On peut classer la pluviosité des masses d'air en fonction de leur origine (Croquis R, p. 56).

Les masses d'air venant de l'Ouest sont les plus humides. Elles expliquent :

51,5 % de l'ensemble des précipitations à Cherbourg
47,9 % à Caen
43,1 % à Alençon
48,4 % à Rouen.

Lorsque l'air a traversé l'océan en gardant cette même direction, la quantité de précipitations est encore plus forte :

10,4 mm à Cherbourg par jour
4,6 mm à Caen
5,3 mm à Alençon
4 mm à Rouen.

Il ne semble pas, toutefois, que la seule direction puisse expliquer cette forte pluviosité, commune à toutes les stations. Il est logique qu'un air venant de Sud-Ouest, normalement plus chaud, soit plus apte à contenir une forte humidité et que son refroidissement provoque des pluies plus intenses. Mais, la majeure partie de la Normandie reçoit un air marin, humide, par direction d'Ouest,

Direction du vent maximum instantané à Cherbourg
en liaison avec la direction des isobares.

<u>Direction des isobares</u>	<u>Vent parallèle aux isobares</u>	<u>Vent dévié à gauche</u>	<u>Vent dévié à droite</u>	<u>Autres direc- tions</u>	<u>Total</u>
SW	37	12	3	5	57
W	42	24	3	3	72
NW	13	18	1	1	33
N	8	5	2	1	16
NE	4	6	-	1	11
E	19	12	1	5	37
SE	2	22	4	-	28
S	7	6	3	1	17

Vent parallèle aux isobares : 132 cas, soit 48,6 %

Vent dévié à gauche 105 38,7

Vent dévié à droite 17 6,3

Autres directions 17 6,3

Total : 271 99,9 %

Les vents sont, ou parallèles aux isobares, ou déviés à gauche dans 87,3 % des cas. La déviation du vent géostrophique vers la gauche sous l'effet du frottement terrestre est classique⁽¹⁾. Cependant, cette déviation varie avec les directions du vent :

(1)- Voir, par exemple, P. PEDELABORDE, Géographie générale, (Encycl. Pléiade), p. 60.

Pourcentage des vents

	<u>Parallèles aux isobares</u>	<u>Déviés à gauche</u>	<u>Total des deux catégories</u>	<u>Vitesse moyenne du vent maximum instantané</u>
SW	64,9	21,1	86,1	14,3 m/s
W	58,3	33,3	91,7	16,1
NW	39,4	54,5	93,9	14,5
N	50	31,3	81,3	16
NE	36,4	54,5	90,9	11,8
E	51,4	32,4	83,8	13,9
SE	7,1	78,5	85,7	7,1
S	41,2	35,3	76,5	9,7

Le pourcentage des vents parallèles aux isobares est surtout élevé pour les directions de Sud-Ouest, d'Ouest, d'Est et de Nord. Nous avons pensé un instant qu'il pouvait exister une corrélation entre vents non déviés et vitesse puisque la vitesse de ces vents est assez élevée. Aussi avons-nous tenté un essai de corrélation pour la direction d'Ouest entre l'angle de la déviation et la vitesse du vent. Le coefficient obtenu, ridiculement faible, montre l'absence de liens entre ces deux valeurs :

Vents d'Ouest : Moyenne	15,1 m/s	- Variation de	4 à 27 m/s
Vents WSW	17,1		10 à 29
Vents de SW	17,1		de 6 à + de 50
Vents de SSW	16,1		8 à 23
Vents de Sud	13,3		11 à 16

Le pourcentage des vents parallèles et déviés à gauche représente un très gros pourcentage variant de 76,5 % à 93,9 %. S'il n'y avait pas la direction de Nord, les vents qui viennent de la mer correspondraient au schéma normal :

les vents ayant traversé une large bande de terres ont en effet subi plus de frottements et s'éloignent donc de la direction des isobares. Il est vrai que le site de la station de Cherbourg-Chantereyne est assez tourmenté : constructions variées, cuvette topographique. La déviation des vents du Nord, en dépit de leur origine marine, s'explique par le site immédiat de la station.

Regardons d'autres stations : la Pointe du Roc exposée à l'Ouest, et Caen sur un plateau dégagé. Au lieu d'étudier la vitesse du vent maximum instantané, qui n'est pas relevée à la Pointe du Roc, on choisira la direction du vent à 6 heures du matin.

Direction du vent à 6 heures

Colonne 1 : Direction des isobares
Colonne 2 : Nombre de vents parallèles aux isobares
Colonne 3 : Nombre de vents déviés à gauche
Colonne 4 : Nombre de vents déviés à droite
Colonne 5 : Autres directions
Colonne 6 : Calmes
Colonne 7 : Pourcentage des vents des colonnes 2 et 3
Colonne 8 : Vitesse

Cherbourg

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
SW	28	18	6	2	3	80,7	4,2
W	27	38	3	2	2	90,3	4,6
NW	13	16	1	2	1	87,9	3,6
N	12	3	-	1	-	93,8	6,3
NE	3	2	1	3	2	45,5	3,9
E	16	6	3	6	6	59,5	4,6
SE	3	15	3	-	7	64,3	2
S	10	1	1	-	5	64,7	2,3

Pointe du Roc

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
SW	10	40	3	3	1	87,7	9,1
W	16	36	9	10	1	72,7	9,2
NW	22	4	2	3	2	78,8	10,6
N	7	4	2	-	3	68,8	7,6
NE	4	3	2	-	2	63,6	3,9
E	15	7	3	3	9	59,5	3,1
SE	10	8	-	1	9	64,3	1,9
S	7	7	2	-	1	82,4	5,1

Caen-Carpiquet

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
SW	28	21	3	4	1	86	5,8
W	31	33	3	3	2	88,9	6
NW	8	21	1	3	1	87	5,8
N	6	7	-	2	1	81,3	4
NE	1	5	3	2	1	54,5	3,5
E	15	4	3	6	9	51,4	2,9
SE	11	9	1	1	6	71,4	2,5
S	10	2	1	-	4	70,6	2

A l'exception de la direction de Nord, les pourcentages sont plus faibles pour le vent à 6 heures du matin que pour le vent maximum instantané. Le vent à 6 h. étant beaucoup plus faible, certains jours, l'air est calme. Ceci fausse un peu les calculs. Aussi les pourcentages sont-ils beaucoup plus proches de ceux trouvés pour le vent maximum si on les élimine :

SW	85,2
W	92,9
NW	90,6
N	93,8
NE	65,6
E	71
SE	85,7
S	91,7

Pour comparer le vent dans les trois stations, nous retiendrons le pourcentage de la colonne 7 : un vent faible a plus de chance d'avoir des directions différentes de celle de la masse d'air initiale car il est plus sensible aux conditions locales (brise de mer, par exemple). Cette étude sera faite pour Caen-Carpiquet où l'influence du site est beaucoup moins importante qu'à Cherbourg.

Diverses remarques peuvent apparaître après la comparaison de ces trois tableaux :

1^{er}- La vitesse du vent est très variable d'une station à l'autre. Elle est très élevée à la Pointe du Roc, station au bout d'un promontoire avancé dans la mer, pour les vents arrivant directement du large et conservant encore leur vitesse initiale. Elle est moyenne pour les vents parallèles à la côte et ne dépasse guère celle relevée dans les autres stations pour les masses d'air venant de l'intérieur. Caen-Carpiquet, sur un plateau dégagé à une douzaine de kilomètres de la mer, reçoit des vents un peu moins forts, et l'écart est moindre entre les vitesses ; mais la variation est assez semblable malgré tout à celle de la Pointe du Roc, sauf pour l'air venant de Sud (trajet

sur la Baie du Mont-Saint-Michel). Les vents à Cherbourg-Chantareyne sont moins rapides, sauf si la masse d'air vient de Nord, Nord-Est et Est, c'est-à-dire de la mer. La station est située au fond d'une baie et bénéficie, de ce fait, d'une position d'abri. Ce phénomène survient particulièrement pour les vents de Nord-Ouest : la station est abritée par l'arsenal (Voir Cartes N° 1 et 2, R. p. 57). Par contre, elle reçoit directement l'air arrivant du Nord. Ceci explique la différence de vitesse inverse des autres stations pour ces deux directions. Il est du reste possible que ces distinctions soient dues au plus ou moins grand nombre de vents d'une certaine direction associée à celle de l'ensemble de la masse d'air, par exemple une proportion différente de vents de Nord-Ouest ou de Nord-Nord-Ouest dans ces deux masses d'air, les seconds étant plus rapides que les premiers. Mais nous abordons là une étude régionale qui n'est pas notre propos dans ce chapitre. Soulignons simplement l'importance de la variation de la vitesse du vent en fonction de la direction de la masse d'air.

2°- Les pourcentages des vents parallèles aux isobares et de ceux déviés à gauche sont assez voisins dans les trois stations et cela malgré la variation de la vitesse : le pourcentage est très élevé pour les masses d'air arrivant à la station après une faible traversée terrestre. Il faut noter d'assez nombreuses exceptions à cette similitude :

- air d'Ouest, de Nord, Nord-Ouest et de Sud à la Pointe du Roc.

La position et le site de cette station (Voir carte R, p. 57) expliquent en partie ces exceptions comme nous allons le voir. En effet, ce n'est pas tant la vitesse qui va exercer une influence sur cette proportion, mais la trajectoire, abordant un site particulier.

Prenons un exemple : à Cherbourg-Chantereyne, le pourcentage précédemment défini est inférieur, pour le vent maximum instantané, au pourcentage relatif au vent à 6 heures du matin, pourtant beaucoup plus lent. Le site de Cherbourg comprend, au Sud, à quelque 1.000 mètres de la station, un amphithéâtre de collines. Lorsque le vent n'est pas très fort, il s'écoule normalement. Dans le cas contraire, il se heurte brutalement à cette barrière et sa direction risque d'être perturbée. Au lieu des 12 vents parallèles aux isobares, il n'y en a plus que 8, et sur ces huit, un seul a une vitesse supérieure à 17 m/s ; la moyenne s'établit à 19,6 m/s pour les vents déviés à gauche, 18,5 m/s pour les vents déviés à droite, et seulement 14,3 m/s pour les vents parallèles aux isobares. Pour les vents relevés à 6 heures du matin, aucun ne dépasse 13 m/s. Le petit nombre de cas envisagés nous permet de considérer cette explication comme une simple hypothèse.

3°- Le nombre de vents parallèles aux isobares est très variable d'une station à l'autre, d'une direction à l'autre et cela sans raison apparente. Pourquoi, par

exemple, à la Pointe du Roc, par air de Sud-Ouest, les vents déviés à gauche sont-ils quatre fois plus nombreux que ceux qui sont parallèles alors qu'à Cherbourg ou à Caen ceux-ci l'emportent ? Nous proposons cette explication, hypothèse qu'il faudra vérifier ultérieurement au cours de l'étude régionale :

La force de frottement qui s'exerce sur une masse d'air est d'autant plus grande que l'air rencontre un obstacle et est obligé de s'élever. S'il se déplace sur une surface plane, aborde une côte basse ou descend une pente sans rencontrer d'obstacle, il est moins dévié : c'est le cas de l'air venant de Nord (côte plate), d'Ouest, de Sud-Ouest, de Sud, d'Est à Cherbourg. L'air venant du Sud-Est rencontre l'obstacle formé par l'arsenal et est dévié (voir Croquis R, p. 57). Ce serait le cas, à Caen, de l'air venant de Sud et de Sud-Est ; à la Pointe du Roc, de l'air venant d'Est.

Si, au contraire, il y a obstacle, l'air subit une déviation cyclonique semblable à celle du substratum terrestre, engendrée par les forces de frottement (voir le croquis N° 58). Par exemple, un vent d'Ouest heurtant perpendiculairement une côte Nord-Sud est dévié sur sa gauche. C'est un peu le cas à la Pointe du Roc, quoique le tracé très tourmenté de la Pointe ~~explique~~ le phénomène. Mais un vent venant de Nord-Ouest subit, en plus de l'influence du frottement, une déviation vers la droite en raison du tracé N-S de la côte. D'où la composition variable de ces deux forces.

Ceci se remarque sporadiquement dans le paysage. Ainsi, à proximité de la mer, dans la région de Montmartin, les vents ont fait subir aux arbres une déviation de Nord-Ouest, alors que partout ailleurs cette déviation vient de l'Ouest. Cette anomalie, très limitée dans l'espace, correspond exactement au prolongement de la Pointe d'Agon, orientée Nord-Ouest-Sud-Ouest. Nous nous sommes attachées à rechercher cette déviation due à l'influence des petits pouliés de cette côte.

La déviation liée à la forme de la côte annule en partie la déviation du vent géostrophique due à la force de frottement, et le flux reste parallèle à la direction générale de la masse d'air (à la Pointe du Roc, 22 vents parallèles contre 4 déviés) par cas de Nord-Ouest ; par contre, par cas de Sud-Ouest, les deux forces se conjuguent et la proportion des vents déviés est très élevée (40 contre 10).

Lorsque la côte s'aligne Ouest-Est, les deux forces s'ajoutent par air de Nord-Ouest et les vents déviés l'emportent ; et ils s'annulent par air de Nord-Est. L'hypothèse ne peut guère être vérifiée à Cherbourg-Chantereyne puisque la station est à basse altitude, ni à Maupertus où la station est bien sur un plateau mais où, justement, la côte fait un angle.

Comme nous ne voulons pas faire dans ce chapitre une étude régionale, nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet, pour le moment du moins ; le but de cette étude est de montrer l'influence de la direction de la masse d'air, son importance. La conclusion est à souligner et sera dé-

montrée ultérieurement : la déviation du vent par rapport à sa direction initiale est très dépendante de la configuration de la côte.

Après avoir étudié le rôle de la direction de la masse d'air sur les températures, les pluies et les vents, on va chercher si les masses d'air arrivent sur la France avec une direction privilégiée pendant l'hiver.

D)- Masses d'air et directions des isobares.

Trois questions peuvent se poser à ce sujet :

1°- Existe-t-il un lien étroit entre masses d'air et directions des isobares ?

Le tableau ci-dessous donne le pourcentage des directions des isobares pour chaque masse d'air.

<u>Direction des isobares</u>	<u>Masses d'air</u>			
	<u>Polaire maritime</u>	<u>Maritime évolué</u>	<u>Continental</u>	<u>Arctique maritime</u>
NW	11,9 %	8,3 %	-	28 %
N	1,8	-	-	32
NE	3,6	8,3	4,8	-
E	8,3	50	28,6	12
SE	6,5	25	52,3	8
S	7,1	-	14,5	-
SW	28	-	-	4
W	32,7	8,3	4	16
	100 %	100 %	100 %	100 %

Deux directions privilégiées existent pour chaque masse d'air. Elles représentent plus de 50 % des cas.

L'air polaire maritime vient de l'Ouest et du Sud-Ouest, l'air arctique maritime du Nord-Ouest et du Nord. Ces directions sont logiques : le premier corps atmosphérique a accompli un trajet maritime plus ou moins long avant d'atteindre la Normandie ; le second, au contraire, arrive directement des régions septentrionales. La continentalisation de l'air polaire se produit surtout sur l'Europe centrale. Ceci explique aisément les directions d'Est et de Sud-Est de l'air polaire maritime évolué et de l'air polaire continental.

2°- Deux masses d'air différentes venant de la même direction ont-elles des caractères semblables ?

Considérons uniquement les cas où la masse d'air a séjourné sur la Normandie pendant au moins une journée. Pour une masse venant de Nord-Ouest, il y a 7 cas d'air arctique maritime et 19 cas d'air polaire maritime. A Cherbourg, on obtient les résultats suivants :

	<u>Polaire</u>	<u>Arctique</u>
Moyenne des températures minima	6°3	1°
Température minimum la plus basse	1°	- 2°
Température minimum la plus élevée	8°	4°
Moyenne des températures maxima	10°4	5°
Température maximum la plus basse	8°	2°
Température maximum la plus élevée	11°	7°
Moyenne des précipitations	2,9 mm	2,9 mm
Précipitation la plus faible	0	0
Précipitation la plus forte	13 mm	6

Cet exemple ne permet pas de tirer des lois relatives aux précipitations. Thermiquement, les deux masses conti-

nuent à garder leur originalité : l'air arctique maritime est beaucoup plus froid. Les résultats obtenus pour cette seule direction sont assez semblables à ceux qui furent calculés pour l'ensemble des deux masses d'air :

Air polaire maritime	6°6	et	10°4
Air arctique maritime	2°8	et	6°7 (p. 79).

Une première conclusion s'impose : la distinction des masses d'air est importante pour une étude des températures.

3°- Pour une même masse d'air, les variations selon les directions sont-elles sensibles ?

Examinons quelques situations.

Air arctique maritime :

La comparaison d'un flux de Nord-Ouest (20 Janvier 1960 R, p. 46) et d'un flux de Nord (26 Février 1968 R, p. 59) fait apparaître des variations de 2 à 5° pour les minima (R, p. 60-61), de 2 à 4° pour les maxima. Ces différences s'expliquent : dans le premier cas, l'air vient de régions peu froides ; dans le second, il arrive de Scandinavie et est plus froid du fait de son origine. Les pluies reflètent moins les directions. Malgré tout, lorsque l'air vient du Nord, Caen est plus arrosée que Cherbourg. Ceci est normal : Cherbourg est davantage soumis à l'influence des hautes pressions qui sont nécessairement à l'Ouest du courant de secteur Nord.

Air polaire maritime :

Les différences sont encore plus sensibles. Les

chiffres cités pour Cherbourg se retrouvent avec de faibles différences dans les autres stations, comme on peut le constater sur les cartes de température.

Températures à Cherbourg

	<u>Minima</u>	<u>Maxima</u>
Air de Sud (28 Février 1960, R, p. 52 et 62)	12°	17°
Sud-Ouest (11 Février 1958 R, p. 48 et 63)	10°	12°
Ouest (6 Janvier 1958 R, p. 64-66)	7°	13°
Nord-Ouest (11 Janvier 1958, p. 51 et 65)	7°	8°

La décroissance des températures est fort nette et ces cas sont conformes à l'évolution générale. Les exceptions ne manquent cependant pas. Citons le cas des 22 et 23 Décembre 1968 (R, p. 66 à 69). L'air polaire maritime venant de Nord-Ouest est plus chaud que celui qui arrive d'Ouest (6° au lieu de 4° à Cherbourg). La première masse d'air est issue de régions plus méridionales que la seconde malgré les différences de direction.

L'anticyclone A2 dirige un air plus chaud que l'anticyclone A4 qui le remplace le lendemain.

Nous n'avons pas parlé des pluies. Un regard sur les cartes de précipitations suffit pour montrer l'extrême diversité d'un jour à l'autre.

II- LA DIRECTION DES MASSES D'AIR EN ÉTÉ¹²

ET SON INFLUENCE SUR LE TEMPS.

Cette étude sera plus brève que la précédente. Les différences seules seront soulignées.

Fréquence de la direction des masses d'air

Ouest	97	(43 conservant cette direction longtemps)
Nord-Ouest	43	(8)
Nord	22	(9)
Nord-Est	18	(3)
Est	30	(6)
Sud-Est	17	-
Sud	10	-
Sud-Ouest	39	(2)

Les masses d'air venant du secteur Est à Sud-Ouest sont moins nombreuses qu'en hiver. Les plus fréquentes en été sont celles venant d'Ouest et Nord-Ouest. Comment expliquer ces différences ? En été, les advections chaudes du Sud sont plus fréquentes sur l'Océan que ne le sont en hiver les coulées froides venant de Nord. L'anticyclone qui les accompagne oblige les masses d'air à le contourner par le Nord et les directions de Nord-Ouest sont alors plus fréquentes (Croquis R, p. 70).

La circulation zonale est de loin la plus importante.

A)- L'influence de la direction des masses d'air
sur les températures, pendant l'été.

Tableau des températures minima
en fonction de la direction des masses d'air

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Rouen</u>
W	13°8	12°2	12°3	12°4
NW	13°2	11°	10°6	10°9
N	13°	10°6	10°7	10°8
NE	13°	11°4	11°9	11°8
E	13°	10°2	10°2	10°1
SE	13°2	10°5	12°2	11°8
S	13°4	11°3	11°2	11°3
SW	13°9	11°8	11°9	12°1

Les températures minima sont assez semblables dans toutes les stations, à l'exception de Cherbourg où elles sont supérieures d'un à deux degrés. L'influence marine freine le refroidissement nocturne. Elle est contre-balancée par l'échauffement plus important des régions plus éloignées de la mer. Malgré quelques petites modifications de détail (l'air de Sud-Ouest est plus froid que celui d'Ouest dans trois stations), l'évolution des minima d'été en fonction des directions est semblable à celle de l'hiver. La mer freine le refroidissement nocturne. Dans les deux cas, l'air de Nord-Est, comparé à celui qui provient des directions voisines, représente une anomalie. A Cherbourg, cette anomalie est inexistante ou peu sensible.

Une analyse plus fine des différences entre les stations ou les directions n'est pas nécessaire : l'écart est trop faible. Un nombre différent de cas pourrait apporter

des changements trop considérables dans ce classement.

Tableau des températures maxima
en fonction de la direction des masses d'air

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Rouen</u>
W	18°3	20°2	21°1	20°9
NW	18°3	20°	20°8	20°7
N	18°3	20°4	22°2	22°1
NE	18°9	21°9	25°2	24°8
E	18°9	22°	24°3	24°1
SE	21°8	24°6	26°1	25°4
S	20°8	22°7	23°	23°
SW	19°9	22°1	22°8	23°5

Les variations d'une station à l'autre pour une même direction sont un peu plus fortes que pour les minima. L'hiver, c'est le contraire. Les différences entre les stations s'établissent ainsi :

En été, température maximum		température minimum	
W	2°8 entre Cherbourg et Alençon	1°6	Cherbourg-Caen :
NW	2°5 Cherbourg-Alençon :	2°6	Cherbourg-Alençon,
N	3°9 Cherbourg-Alençon	2°4	Cherbourg-Caen
NE	6°3 Cherbourg-Alençon	1°6	Cherbourg-Caen
E	5°4 Cherbourg-Alençon	2°9	Cherbourg-Rouen
SE	4°3 Cherbourg-Alençon	2°7	Cherbourg-Caen
S	2°2 Cherbourg-Alençon-Rouen	2°2	Cherbourg-Alençon
SW	3°6 Cherbourg-Rouen	2°1	Cherbourg-Caen

Contrairement à l'hiver, Cherbourg a toujours les plus bas maxima (influence de l'Océan). La station la plus chaude est généralement Alençon (influence de la latitude et de la continentalité relative). Pour les minima, Cherbourg continue à être la station la plus chaude. L'écart le plus important s'établit presque toujours avec Caen. Comment

expliquer cette particularité ?

1°- La mer ne limite pas le refroidissement comme à Cherbourg.

2°- Pendant la journée, le réchauffement est moindre qu'à Rouen ou Alençon situés plus à l'intérieur.

Ces deux faits s'ajoutent pour expliquer les températures basses de la nuit.

De toute façon, il y a peu d'écart entre les trois stations de l'intérieur pendant la nuit. L'influence de la mer semble se limiter à une étroite bande côtière.

La plus grande différence entre les maxima se produit par direction de Nord-Est. L'influence de la mer l'explique. A Cherbourg, l'air de Nord-Est a accompli un long trajet maritime sur la Manche comme nous l'avons déjà constaté en étudiant l'hiver. Ce n'est pas le cas à Alençon, Le phénomène est identique lorsque la masse d'air vient de l'Est. Mais la trajectoire qui aboutit à Cherbourg est moins constamment sur la mer. La plus faible différence existe par air venant de Sud : c'est le seul cas, à Cherbourg, où l'air n'a pas traversé une étendue marine.

Il faut souligner le rôle de la trajectoire de la masse d'air avant son arrivée sur le lieu envisagé. Ces chiffres semblent indiquer que la proximité de la mer joue un rôle plus faible : 2° en moyenne. La différence de trajectoire pourrait entraîner une variation de température de 4° environ. Il sera intéressant ultérieurement de voir si cette hypothèse peut être démontrée.

L'écart des températures selon la direction de la masse d'air, dans chaque station, est plus important pour les maxima que pour les minima :

	Tx	Tn
à Cherbourg	3°5	0°
à Caen	4°6	2°
à Alençon	5°3	2°1
à Rouen	4°7	2°3

L'influence de la latitude se marque nettement.

L'air continental venant du Sud-Est est de loin le plus chaud (Croquis R, p. 71). Il est facile d'expliquer pourquoi, à Cherbourg et à Caen, l'air de Nord-Est n'occupe pas le second rang (trajectoire en partie maritime). Mais pourquoi, à Alençon et à Rouen, l'air de Nord-Est est-il plus chaud que l'air d'Est ? Est-ce dû à une plus forte insolation ? A des conditions locales ? L'explication paraît simple : nous n'avons que peu de cas de ces deux directions : 57 % des cas d'Est se situent au mois de Juin, 37 % seulement par air de Nord-Est. Il est possible d'éliminer les cas relevés en Juin, mois nettement plus frais que Juillet et Août. Il reste douze cas d'Est et 13 de Nord-Est.

Faisons la moyenne pour Juillet et Août seulement.

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Rouen</u>
NE	19°4	22°8	27°	26°8
E	20°7	23°1	24°9	24°6

L'explication était erronée : en Juillet et Août, l'air venant du Nord-Est est encore plus chaud à Alençon et à Rouen. Par contre, à Cherbourg et à Caen, l'écart est

également accusé, mais c'est l'air venant d'Est qui est le plus chaud. Le problème se pose de façon encore plus brutale. Il paraît impossible à résoudre tant qu'une étude précise des climats locaux n'a pas été entreprise.

L'air de Nord est plus chaud que celui de Nord-Ouest. Il vient normalement des Iles Britanniques et a traversé davantage de terres qui s'échauffent davantage. Il y a peu de différences entre l'air d'Ouest et celui de Nord-Ouest, masses d'air maritimes fraîches toutes deux en été. Les masses de Sud et de Sud-Ouest sont, en été comme en hiver, les plus chaudes.

Le classement des masses d'air est bien différent de celui établi en hiver. L'air qui vient du continent est plus froid en hiver, plus chaud en été. Cette influence se conjugue avec celle de la latitude pour expliquer les différences. L'effet océanique semble prédominant à Cherbourg et à Caen, les deux stations les plus maritimes : les trois masses d'air les plus chaudes viennent de Sud. Au contraire, à Alençon et à Rouen, les masses d'air les plus chaudes sont les plus continentales.

B)- L'influence de la direction des masses d'air sur les précipitations, pendant l'été.

Les variations de la pluviosité sont beaucoup moins importantes qu'en hiver.

Répartition de la pluviosité
selon les directions des masses d'air

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Rouen</u>
W	2,6 mm	1,9 mm	2,6 mm	2,8 mm
NW	1	1,7	1,3	1,7
N	0,2	1,4	1,6	0,9
NE	0,7	1,6	1,7	1,4
E	-	0,5	0,1	0,1
SE	1,5	1,8	0,7	0,7
S	2,5	4,9	2,2	2,2
SW	3,2	2,8	3,1	3,3

Première grande différence avec l'hiver :

- Cherbourg n'est jamais la station la plus arrosée.

L'air maritime frais aborde un continent qui est plus chaud que lui. L'humidité relative diminue donc. Et le sol n'est pas suffisamment surchauffé, dans le Cotentin, pour que des phénomènes de turbulence importants compensent l'effet précité, comme cela peut arriver, à Alençon, Rouen, ou même Caen. Pendant la période 1951-1960, il y a eu en moyenne en été :

9 jours d'orage à Caen
8 " " à Alençon
7 " " à Rouen
5 " " à Cherbourg.

La moyenne est un peu inférieure pour la période 1956-1960 ; les chiffres sont respectivement de :

8,3 à Caen
7,7 à Rouen
6,3 à Alençon
4,3 à Cherbourg.

Soulignons, au passage, qu'aucune direction n'a le privilège exclusif d'engendrer les orages. Ce caractère

est particulièrement net à Caen :

32 % des orages surviennent par air d'Ouest	
16	Nord-Ouest
8	Nord
4	Nord-Est
4	Sud-Est
8	Sud
28	Sud-Ouest

Deuxième constatation : Les précipitations par air venant du Sud sont proportionnellement plus élevées en été qu'en hiver. Comme les températures sont plus hautes, la capacité hygrométrique de l'air est, en effet, plus forte. La quantité de vapeur d'eau par mètre cube d'air saturé représente :

à 8°, 8,24 g
à 9°, 8,78 g.

A Cherbourg, la moyenne des températures maxima et minima, lorsque l'air vient de l'Ouest, est 8°2 et 9°5 lorsqu'il vient du Sud-Ouest. La différence de capacité hygrométrique est donc environ de 0,75 g et les conditions synoptiques sont plus favorables à une forte pluviosité par temps de Sud-Ouest. En été, l'écart est semblable.

A 16° : 13,53 g de vapeur par m ³
17° : 14,37

Le gradient est supérieur : 0,84 g/deg. Mais les températures sont plus proches les unes des autres :

16° pour l'air venant d'Ouest,
16°9 pour l'air venant de Sud-Ouest.

La différence de capacité hygrométrique atteint également 0,75 g. Il faudra donc chercher la solution dans l'analyse des conditions synoptiques. Les variations de la pluviosité

sont extrêmes :

0 à 17 mm par air venant d'Ouest à Cherbourg	
0 à 20	Nord-Ouest
0 à 4 (mais 12 à Caen, 14 à Rouen)	Nord
0 à 12	Nord-Est
0	Est
0 à 19	Sud-Est
0 à 20	Sud
0 à 24	Sud-Ouest

Les commentaires sur la pluviosité ne peuvent être que très généraux, plus généraux qu'en hiver car les écarts sont en moyenne plus faibles : la pluviosité se caractérise souvent par quelques très fortes pluies et un très grand nombre de jours de sécheresse.

C)- Masses d'air et direction des isobares en été.

Il est intéressant de comparer l'été et l'hiver à ce sujet.

Pourcentage des directions des isobares
pour chaque masse d'air

<u>Direction</u> <u>des isobares</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u> <u>évolué</u>	<u>Polaire</u> <u>conti-</u> <u>nental</u>	<u>Tropical</u> <u>maritime</u>	<u>Arctique</u> <u>maritime</u>
NW	16,8	13,3	-	-	66,7
N	9,1	6,7	-	-	-
NE	5,9	16,7	7,7	-	-
E	8,2	13,3	53,8	-	-
SE	2,7	13,3	38,4	8,3	-
S	2,3	13,3	-	25	-
SW	14,5	13,3	-	41,7	-
W	41	10	-	25	33,3
	100	100	100	100	100

La comparaison de ce tableau avec celui que nous avons établi pour l'hiver (voir p. 140) montre quelques variations :

Air polaire maritime : La proportion des trajectoires venant de Sud-Ouest est beaucoup plus faible. Les masses d'air sont plus chaudes, l'air tropical maritime remplace l'air polaire. C'est également valable pour les directions de Sud-Est et de Sud.

Le pourcentage d'air venant de Nord, Nord-Ouest, Ouest est plus élevé. L'air arctique maritime a pratiquement disparu et est remplacé par l'air polaire maritime. L'origine de l'air arctique a été introduite dans ce tableau à titre de curiosité, mais le trop petit nombre de cas interdit tout commentaire.

Air polaire maritime évolué : l'évolution est beaucoup plus complexe qu'en hiver : toutes les directions existent.

Air polaire continental : Il garde une grande partie de ses caractères : c'est la masse d'air qui vient d'Europe centrale. La direction principale n'est plus le Sud-Est, mais l'Est. Les cas sont moins nombreux qu'en hiver, aussi n'insisterons-nous pas sur ce changement de direction.

Pourcentage des masses d'air
dans chaque direction

	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW
PM	92,9	86	90,9	68,4	62,1	37,5	41,7	82,1
BME	3,1	9,3	9,1	26,3	13,8	25	33,3	10,3
PC	-	-	-	5,3	24,2	31,2	-	-
TM	3,1	-	-	-	-	6,3	25	7,7
AM	1,2	4,7	-	-	-	-	-	-

Du secteur Sud-Ouest à Nord, l'air polaire maritime prédomine. Les autres masses d'air sont négligeables.

D'Est à Nord-Est, l'air polaire maritime est encore le plus fréquent ; l'air polaire maritime évolué et l'air continental commencent à jouer un certain rôle.

De Sud à Sud-Est, trois masses d'air s'équilibrent.

Bien qu'il s'agisse de l'été, l'air tropical maritime occupe une place secondaire.

Pour la direction de Sud-Est (l'équilibre des masses d'air est le mieux réalisé), cherchons la température maximum moyenne par masse d'air à Cherbourg.

Direction de Sud-Est moyenne d'été (p. 135)

Polaire maritime	20°5
Polaire maritime évolué	21°3
Polaire continental	22°8
Tropical maritime	23°

La hiérarchie des masses d'air est la même pour toutes les autres directions. L'écart varie de 1°7 à 2°5.

L'intérêt de l'étude de la direction des masses d'air est plus limité en été qu'en hiver : les écarts entre les directions sont plus faibles, surtout à Cherbourg. Seule, la direction de Sud-Est est nettement plus chaude. Cette étude est intéressante seulement pour étudier des nuances dans l'air polaire maritime.

La direction des masses d'air est indiquée pour la période 1959-1960 : Tableau, Recueil p. 72, 73, 74.

C h a p i t r e V

LES FRONTS

Les diverses masses d'air ont des caractères différents : température, humidité, stabilité plus ou moins grande ... Aussi sont-elles séparées par des zones de transition plus ou moins larges dans lesquelles elles se mélangent : les fronts.

Il est difficile d'étudier le front en lui-même, sinon par l'intermédiaire des sondages. Son influence directe sur la station est très malaisée à saisir. Son passage est bref : la largeur de cette "surface de discontinuité" est variable, de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres. Sa vitesse de passage est aussi très variable : un front peut rester stationnaire sur la Normandie pendant 36 heures ou la traverser à cinquante kilomètres à l'heure. Dans ce dernier cas, le passage est à peine perceptible à la station.

L'étude envisagée cherchera plutôt à répondre à un certain nombre de questions :

- Existe-t-il des variations de température de part et d'autre du front ? Quelle importance peuvent-elles atteindre ?

- Quelle quantité de précipitations peut-on attribuer au front ? Sous quelle forme ? Les orages se produisent-ils lors de son passage ?
- La direction des vents varie-t-elle ?
- Ces divers caractères changent-ils en fonction :
 - des types de front,
 - de la vitesse du passage,
 - de leur direction,
 - de la position du front par rapport au flux général ?
- L'action d'un front est-elle aussi importante dans toutes les régions ?

Les problèmes posés sont nombreux et il ne sera pas toujours facile d'y répondre.

La plus grande difficulté est due au manque de précision des renseignements météorologiques. Il faut apprécier l'heure de passage du front. Malgré une comparaison minutieuse des positions à douze heures d'intervalle, une estimation de la vitesse, il est possible de se tromper.

Deuxième difficulté : Quelle température choisir pour apprécier le refroidissement ou le réchauffement ? Nous avons envisagé l'écart existant entre les deux températures tri-horaires avant et après le passage du front. Il faut supposer que la répartition des fronts dans un laps de temps de trois heures est régulière. Un réchauffement de deux heures et demie, par exemple, compense un réchauffement d'une demi-heure. Les variations de température trouvées représentent grossièrement la variation due au front au cours d'une heure et demie.

Pour les vents, nous avons comparé les directions avant et après le passage du front et cherché à voir si le passage de ce dernier correspond à une vitesse maximum dont l'heure est indiquée.

Pour les pluies, il est facile d'obtenir avec précision la durée des précipitations donnée par les tableaux climatologiques mensuels. On ne peut malheureusement avoir la quantité de précipitations que pour 12 heures.

Ce dernier problème nous a obligée à créer une rubrique spéciale "Fronts rapprochés", lorsqu'il est absolument impossible de distinguer la quantité des précipitations attribuées à l'un ou à l'autre.

Ces raisons, ajoutées à des effets différents, entraînent la multiplication des types de fronts ou perturbations :

- front chaud,
- front froid,
- fronts très rapprochés l'un de l'autre (quelquefois les uns des autres),
- point double,
- point triple,
- occlusion,
- front stationnaire,
- perturbation complexe.

I- FRONTS ET MASSES D'AIR

On parle beaucoup de fronts polaires séparant les masses d'air polaire et tropical et de front arctique entre air polaire et arctique. Quelle est la part respective de l'un ou l'autre front ?

En hiver :

Quatre cas existent ; le front peut s'établir soit entre deux masses d'air, de même nature, mais avec des caractères légèrement différents, soit au sein de l'air polaire (A.P.) ou de l'air arctique (A.R.), soit entre deux masses d'air totalement différentes : front arctique entre l'air polaire et l'air arctique (F.A.), front polaire entre l'air polaire et l'air tropical (F.P.). Cette distinction a été faite pour les diverses catégories définies précédemment :

	<u>AP</u>	<u>AR</u>	<u>FA</u>	<u>FP</u>	<u>Total</u>
Fronts chauds	22	6	6	-	28
Fronts froids	29	4	12	-	45
Fronts chauds et froids					
Proches (1)	22	-	6	4	32
Point double ou triple	-	1	3	-	4
Occlusion	14	2	4	-	20
Front stationnaire	4	-	7	-	11
Perturbation complexe (1)	3	1	2	1	7
Nombre total	94	8	40	5	147
Pourcentage	63,9	5,4	27,1	3,4	100

(1)- Dans ces cas, chaque front a été comptabilisé séparément.

En hiver, outre le pseudo-front polaire, seul le front arctique traverse notre région dans plus d'un quart des cas. Le front polaire stricto sensu est pratiquement inexistant. Les lignes de discontinuité s'établissent essentiellement à l'intérieur de l'air polaire.

Au printemps :

	<u>AP</u>	<u>AR</u>	<u>FA</u>	<u>FP</u>	<u>Total</u>
Front chaud	13	-	4	-	17
Front froid	27	5	11	-	43
Front froid et chaud proche	28	2	2	-	32
Point double ou triple	3	-	-	-	3
Occlusion	22	2	1		25
Front stationnaire	3	-	1		4
Perturbation complexe	-	-	-		-
Nombre total	96	9	19	0	124
Pourcentage	77,4	7,3	15,3	0	100

Par rapport à l'hiver, la plus faible pourcentage de la fréquence du front arctique représente la principale différence.

En été :

	<u>AP</u>	<u>AR</u>	<u>FA</u>	<u>FP</u>	<u>Total</u>
Front chaud	20	-	-	10	30
Front froid	35	-	1	7	43
Front froid et chaud proches	19	-	2	6	27
Point double ou triple	2	-	1	-	3
Occlusion	13	-	-	-	13
Front stationnaire	2	-	-	-	2
Perturbation complexe	-	-	-	-	-
Nombre total	91	-	4	23	118
Pourcentage	77	0	3,5	19,5	100

Les fronts au sein de l'air polaire sont toujours aussi nombreux. La situation est l'inverse de l'hiver pour les fronts polaire et arctique. Ce dernier est très rare. Le front polaire atteint nos régions moins fréquemment en été que le front arctique en hiver.

En automne :

	<u>AP</u>	<u>AR</u>	<u>FA</u>	<u>FP</u>	<u>Total</u>
Front chaud	15	-	4	6	21
Front froid	36	-	1	4	41
Front froid et chaud proches	14	-	3	-	20
Point double ou triple	2	-	2	-	4
Occlusion	30	-	2	-	32
Front stationnaire	2	-	-	-	2
Perturbation complexe	1	-	1	-	2
Nombre total	100	0	9	13	122
Pourcentage	82	0	7,4	11	100

La proportion des fronts au sein de l'air polaire a encore cru. Les nombres de cas de front arctique et de front polaire sont assez voisins et ils restent faibles.

La répartition de 1958 à 1960 s'établit de la façon suivante :

Fronts au sein de l'air polaire	380	75 %
Fronts au sein de l'air arctique	17	3 %
Fronts arctiques <u>stricto sensu</u>	72	14 %
Fronts polaires <u>stricto sensu</u>	41	8 %

Ces chiffres soulignent ce que P. PEDELABORDE écrit dans sa thèse "Le Climat du Bassin parisien), à la p. 141 :

"L'expérience synoptique quotidienne montre que ce FP stricto sensu apparaît très rarement sur les cartes d'Europe occidentale. L'application de la notion de température pseudo-adiabatique potentielle à l'analyse des masses d'air permet de distinguer l'air Tm pur de l'air Pm de retour. On constate alors que les Fronts les plus fréquents, sur l'Atlantique E et sur l'Europe, séparent l'air Pm froid de l'air Pm réchauffé ... En réalité, les Fronts de l'Europe sont presque tous des pseudo-fronts, y compris le FP atlantique. Cette constatation est importante. Elle souligne une fois de plus notre dépendance essentiellement polaire".

Trois fronts sur quatre en Normandie sont des pseudo-fronts et même un peu plus si l'on considère ceux qui se forment au sein de la masse d'air arctique.

Le front arctique stricto sensu est presque deux fois plus fréquent que le front polaire stricto sensu. Il est bon de noter cette nuance un peu septentrionale de notre région, surtout en hiver et au printemps.

Un problème se pose ensuite : existe-t-il des différences dans les variations de température, dans l'apport d'humidité, dans les directions des vents suivant ces divers types de fronts ? Pour cela, nous allons étudier le comportement des deux premières catégories de fronts, chauds et froids, selon ces trois grands types, pseudo-front, front arctique, front polaire.

A)- Les températures et les types de fronts

Pour étudier les variations de température en fonction des fronts, deux méthodes sont possibles. La première suppose l'étalement répartition des fronts au cours de l'année et au cours de la journée. Dans ce cas, il est inutile de tenir compte des variations tri-horaires ; les différences

de température notées correspondent à celles créées par le passage des fronts.

Voici un exemple. Au cours de l'année, la moyenne des variations tri-horaires à Charbourg s'établit ainsi :

de 21 heures à	0 heure	= 0°5
0	3	= 0°4
3	6	= 0°
6	9	+ 1°4
9	12	+ 1°2
12	15	+ 0°1
15	18	= 0°8
18	21	= 1°

Supposons 8 fronts chauds identiques répartis régulièrement au cours de la journée, qui apportent un réchauffement de 1° lors de leur passage. La variation de la température tri-horaire s'établit ainsi :

- 0°5	+ 1°	= + 0°5
- 0°4	+ 1°	= + 0°6
= 0°	+ 1°	= + 1°
+ 1°4	+ 1°	= + 2°4
+ 1°2	+ 1°	= + 2°2
+ 0°1	+ 1°	= + 1°1
= 0°8	+ 1°	= + 0°2
= 1°	+ 1°	= 0

Dans ce cas, la somme des 8 valeurs tri-horaires est égale à 8°, la variation représente 1° par passage de front. Le même raisonnement peut se faire avec des fronts différents et au lieu de prendre la moyenne annuelle, on choisit la moyenne tri-horaire saisonnière beaucoup plus proche de la réalité. L'avantage de faire la somme des variations dues au front et d'en faire la moyenne est d'éliminer ces variations tri-horaires, de raccourcir la longueur des

calculs. Mais les fronts sont-ils régulièrement répartis ? D'autre part, dans certaines catégories, leur nombre n'est pas très élevé et la deuxième méthode est alors préférable. Elle consiste à voir l'heure du passage du front et à voir quelle est la variation tri-horaire correspondante. Par exemple, le front passe entre 6 et 9 heures du matin : la variation de température en 3 heures est $+ 2^{\circ}4$. On peut alors estimer que le résultat du passage du front a été une élévation de température de $2^{\circ}4 - 1^{\circ}4$ (représentant la variation moyenne tri-horaire à cette heure), c'est-à-dire 1° .

Il serait intéressant de comparer, à Cherbourg, les résultats de ces deux méthodes :

1°- Moyenne des variations tri-horaires à Cherbourg
correspondant au passage des fronts.

Ces fronts peuvent se diviser en quatre catégories :

Front arctique (F.A.)

Front polaire (F.P.)

Front au sein de l'air polaire (A.P.)

Front au Sein de l'air arctique (A.A.)

Dans la première méthode, nous avons fait la somme des variations de température lors du passage du front et nous avons divisé par le nombre de fronts dans chaque catégorie. Nous avons donc supposé que la répartition au cours de la journée était régulière. De ce fait, nous ne tenons pas compte de la variation de la température au cours de la journée.

Variations de température à Cherbourg
lors du passage d'un front chaud

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>	<u>A.A.</u>
Hiver	+ 1°2	=	+ 1°6	
Printemps	+ 0°7	=	+ 1°6	
Eté	=	+ 0°9	+ 1°	
Automne	=	+ 0°3	+ 0°3	
Moyenne annuelle	+ 0°9	+ 0°7	+ 1°10	

Variations de température à Cherbourg
lors du passage d'un front froid

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>	<u>A.A.</u>
Hiver	- 1°9	=	- 0°8	- 1°2
Printemps	- 1°	=	- 0°7	- 0°9
Eté	+ 1°2	- 1°3	- 0°8	=
Automne	+ 0°3	- 0°3	- 0°5	=
Moyenne annuelle	- 1°3	- 0°9	- 0°7	- 1°
Moyenne des variations lors d'un passage de front ou chaud ou froid	1°1	0°7	0°7	1°1

Les résultats seront commentés avec ceux obtenus par la deuxième méthode.

2°- Deuxième méthode : Moyenne des variations tri-horaires à Cherbourg correspondant au passage d'un front en tenant compte de l'heure de passage de ce dernier.

Il faut d'abord calculer la variation de la température au cours de la journée en fonction des saisons pendant la période 1958-1960.

Variation de la température à Cherbourg

au cours de la journée

		<u>Hiver</u>	<u>Printemps</u>	<u>Eté</u>	<u>Automne</u>
Entre 21 h. et	0 h.	- 0°3	- 0°6	- 0°7	- 0°3
0	3	- 0°2	- 0°5	- 0°4	- 0°4
3	6	- 0°1	- 0°1	+ 0°4	- 0°2
6	9	+ 0°3	+ 1°8	+ 2°1	+ 1°4
9	12	+ 1°1	+ 1°2	+ 1°	+ 1°4
12	15	+ 0°1	+ 0°1	+ 0°2	- 0°1
15	18	- 0°8	- 0°5	- 0°7	- 1°1
18	21	- 0°4	- 1°	- 1°8	- 0°8

Nous allons estimer l'influence de chaque front en fonction de l'heure de son passage. Par exemple, le front froid du 9 Janvier 1958 passe à Cherbourg vers 11 heures. Le refroidissement entre 9 et 12 heures est de 1°3. Le refroidissement réel dû au front est donc de :

$$\begin{array}{l}
 1^{\circ}3 \text{ (refroidissement apparent)} \\
 + \quad 1^{\circ}1 \text{ (réchauffement moyen qui n'a pas été enregistré} \\
 \quad \text{ce jour-là)} \\
 \hline
 2^{\circ}4
 \end{array}$$

Cette méthode est loin d'être parfaite. On peut se tromper sur l'heure exacte du passage du front. La variation de la température au cours de la journée ne suit pas obligatoirement celle précédemment définie. Enfin, certaines variations n'apparaissent pas toujours pendant ces trois heures. Considérons, par exemple, l'unique front froid arctique qui passe en automne et qui entraîne dans le tableau précédent la notation + 0°3. Le 27 Octobre 1959, ce front arctique passe à Cherbourg entre 12 et 15 heures. A 12 heures, la température est de 11°7, à 15 heures de 12°,

soit une augmentation de + 0°3 (première méthode). Normalement, en automne, la température diminue de 0°1 pendant ces trois heures. Donc, le front froid a entraîné une augmentation de température de 0°3 + 0°1 = 0°4 (seconde méthode). En fait, contrairement à ces résultats, il s'est réellement produit une baisse de température puisque, à 13 h.20, la température était de 9°2. Le passage du front froid a entraîné une baisse de température de 2°5, mais ce phénomène a été extrêmement fugitif. La brièveté de son action explique qu'aucune baisse n'apparaît dans les variations trihoraires. Un refroidissement qui dure une heure ou deux n'a guère d'importance.

Pour savoir si l'action d'un front se prolonge un certain temps, l'étude de la variation de température pendant six heures a été entreprise. Il est incontestable qu'un front qui passe 10 minutes avant le relevé trihoraire continue à se faire sentir dans les trois heures qui suivent. D'autre part, le réchauffement ou le refroidissement peut durer plus de deux ou trois heures. La deuxième méthode a été utilisée pour cette étude.

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats obtenus par la seconde méthode :

	<u>Variations de température à Cherbourg</u>			
	<u>lors du passage d'un front chaud en fonction de l'heure</u>			
	<u>F..I.</u>	<u>F..P.</u>	<u>A..P.</u>	<u>A..A.</u>
Hiver	+ 1°3	-	+ 1°4	
Printemps	+ 0°5	-	+ 1°4	
Été	-	+ 0°4	+ 0°9	
Automne	-	+ 0°6	+ 0°1	
Moyenne annuelle	+ 0°8	+ 0°5	+ 1°9	

Variations de température à Cherbourg
lors du passage d'un front froid en fonction de l'heure

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>	<u>A.A.</u>
Hiver	- 2°	-	- 1°	- 1°7
Printemps	- 1°1	-	- 0°6	- 0°2
Eté	+ 0°2	+ 1°7	- 0°6	
Automne	+ 0°4	+ 0°3	- 0°8	-
Moyenne annuelle	- 1°5	- 1°	- 0°7	- 0°9
Moyenne des variations lors d'un passage de front ou chaud ou froid	1°4	0°8	0°8	0°9

Les différences entre les deux méthodes sont d'autant plus importantes que le nombre de cas est plus restreint. Le plus gros écart, 1°, se produit pour le front arctique en été, mais il n'en existe qu'un seul cas. Pour avoir seulement une différence égale ou inférieure à 0°3, il faut au moins une dizaine de cas. Malgré ces importantes réserves, les enseignements tirés de ces deux séries de tableaux ne sont pas sensiblement différents. Nous utiliserons de préférence la seconde méthode qui est plus précise.

Si nous éliminons les cas trop peu nombreux (fronts arctiques d'été et d'automne), l'écart est plus grand entre les saisons, pour un même type de fronts (1°5 par exemple pour les fronts au sein de l'air polaire : le nombre de fronts de cette catégorie est égal à 70 et à peu près bien réparti dans l'année) qu'entre des catégories différentes de fronts au cours d'une même saison : 1°2 entre les fronts arctiques (12) et les fronts au sein de l'air polaire (29). Cette division selon les types de fronts est donc secondaire.

Plusieurs remarques peuvent être faites cependant :

1°- La moyenne annuelle ne reflète pas les différences d'action de chaque catégorie de fronts ; ceux-ci, en effet, sont répartis très inégalement dans l'année. Les fronts arctiques surviennent en hiver et au printemps, les fronts polaires en été et en automne. Pour les fronts chauds, les variations sont moindres en été et en automne. Pour les fronts froids, les différences sont très faibles en automne. Ceci peut en partie expliquer pourquoi les variations de température dues au front polaire sont plus faibles que celles dues au front arctique. Si l'on compare la différence moyenne de température due à un front arctique et celle due à un front au sein de l'air polaire pour l'hiver et le printemps, on trouve :

	<u>Front arctique</u>	<u>Front au sein de l'air polaire</u>
Front chaud	+ 1°	+ 1°4
Front froid	- 1°7	- 0°9

La même démarche peut être entreprise en été et en automne avec le front polaire.

	<u>Front polaire</u>	<u>Front au sein de l'air polaire</u>
Front chaud	+ 0°6	+ 0°4
Front froid	- 1°	- 0°7

2°- Un front froid entre deux masses d'air différentes crée, en moyenne, un refroidissement plus important qu'un front au sein de l'air polaire. L'automne représente une exception à ce sujet.

L'étude de la moyenne est insuffisante. Elle doit

être complétée par celle de la fréquence.

Pourcentage des cas où le refroidissement
a été supérieur ou égal à 1° lors du
passage d'un front froid

	<u>F.A.</u>	<u>P.M.</u>
Hiver	66,7 %	37,9 %
Printemps	45,5 %	32,2 %
	<u>F.P.</u>	<u>P.M.</u>
Eté	57,1	31,4
Automne	0	47,1

Pourcentage des cas où le refroidissement
a été supérieur ou égal à 2° lors du
passage d'un front froid

	<u>F.A.</u>	<u>P.M.</u>
Hiver	58,2	24,2
Printemps	17,2	15
	<u>F.P.</u>	<u>P.M.</u>
Eté	42,9	14,3
Automne	0	11,8

Les fréquences correspondent aux moyennes. En hiver et en été, le refroidissement est plus important lorsque le front sépare des masses d'air différentes. Il y a un peu moins du double des cas où l'écart des températures est supérieur ou égal à 1°. La proportion est encore plus importante lorsque l'écart est égal ou supérieur à 2°. Le rapport atteint même 1 à 3 en été entre le refroidissement provoqué par les fronts polaires et ceux qui existent au sein de l'air polaire. La différence est beaucoup plus

faible au printemps. En automne, le phénomène s'inverse. L'air tropical n'atteint plus qu'exceptionnellement nos régions et son évolution est telle que les différences avec l'air polaire sont faibles. Cette explication est-elle valable ? Dans la plupart des cas, l'air tropical est presque toujours mélangé à de l'air polaire. Le 7 Novembre 1958, le front tropical est très net, à l'opposé des autres jours, mais il s'agit d'un second front chaud. Il n'y a pas non plus de grosses différences d'humidité relative. Celle-ci est supérieure à 90 %. En conclusion, nous expliquons cette particularité de l'automne par une similitude des masses d'air tropicale et polaire de retour (effet de la température élevée de la mer).

3°- Les fronts arctiques chauds entraînent un réchauffement inférieur aux fronts au sein de l'air polaire, surtout au printemps. Ces derniers auraient une action moindre que celle des fronts polaires, surtout en automne. Les résultats apparaissent moins nettement que pour les fronts froids. L'étude des fréquences peut apporter d'utiles compléments.

	<u>Pourcentage des cas</u> <u>où le réchauffement a été supérieur ou égal à 1°</u> <u>lors du passage d'un front chaud</u>	
	<u>F.A.</u>	<u>P.o.l.</u>
Hiver	83,3 %	63,6 %
Printemps	23,1	46,2
	<u>F.P.</u>	<u>P.o.t.</u>
Eté	30	50
Automne	33,3	13,3

Pourcentage des cas
où le réchauffement est égal ou supérieur à 2°
lors du passage d'un front chaud

	<u>F.A.</u>	<u>P.M.</u>
Hiver	0	22,7
Printemps	0	25
	<u>F.P.</u>	<u>P.M.</u>
Eté	10	5
Automne	0	6,7

L'étude des fréquences confirme celle des moyennes. A l'exception du printemps, où le front arctique amène un réchauffement moindre que le front au sein de l'air polaire, les résultats ne sont pas nets. Les pourcentages des deux tableaux se contredisent. En été, par exemple, les fronts polaires entraînent un réchauffement de 1° sont moins fréquents. Pour les réchauffements égaux ou supérieurs à 2°, c'est le contraire. Il n'est pas possible, dans ces conditions, de tirer des conclusions systématiques.

L'examen des variations de température en six heures au lieu de trois heures permet de voir si le réchauffement ou le refroidissement dû au passage des fronts se poursuit longtemps. Les mêmes rubriques vont être reprises pour pouvoir faire une comparaison significative. Nous avons utilisé la seconde méthode. Le front passe pendant la première tranche tri-horaire.

Variations de température au bout de six heures
lors du passage d'un front chaud

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>
Hiver	+ 1°9		+ 1°6
Printemps	- 0°1		+ 1°3
Eté		+ 0°6	+ 0°6
Automne		+ 0°8	+ 0°4
Moyenne annuelle	+ 1°1	+ 0°7	+ 1°

A l'exception du printemps, où l'on peut noter une variation inférieure, donc un refroidissement, lors de la deuxième tranche tri-horaire, il y a ou une stabilité ou un très léger réchauffement. Ceci veut dire que l'action du front est instantanée et ne dure pas longtemps.

L'étude de la fréquence va permettre d'expliquer ces résultats.

Pourcentage de fronts
où les variations de la seconde tranche tri-horaire sont
inférieures à 1 % par rapport à la première.

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>
Hiver	83,3 %		63,6
Printemps	100 %	.	61,5
Eté		50	
Automne		100	

Dans la majorité des cas, surtout pour l'air arctique, il y a peu d'écart. La variation de température se fait donc surtout dans la première tranche tri-horaire, en moyenne en 1 heure et demie. L'étude de quelques cas précis permettra de préciser cela.

Lorsque la variation est égale ou supérieure à 1°, deux cas surviennent : un réchauffement ou un refroidissement.

1er cas de réchauffement

Le pourcentage d'un fort réchauffement est assez faible et ne dépasse guère 20 %.

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>
Hiver	16,7		22,7
Printemps	-		15,3
Eté		20	10
Automne		-	26,7

La température de la première tranche tri-horaire est pour près de 50 % des cas supérieure à la moyenne.

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>
	Hiver	Eté	Année
Réchauffement moyen pour la première tranche tri-horaire	1°3	0°6	0°9
Réchauffement moyen pour la première tranche tri-horaire (réchauffement important lors de la deuxième tranche)	1°4	0°8	1°5
Réchauffement moyen au cours des six heures	2°9	2°5	3°

Que conclure ? Dans 46 % des cas, une très forte élévation de température entraîne une prolongation de la durée de l'échauffement. Pour les autres, le front chaud a dû passer juste avant le second relevé de température et l'essentiel du réchauffement a lieu au cours de la seconde tranche horaire.

2°- Cas de refroidissement

Les cas de refroidissement les plus accusés correspondent au passage d'un front chaud, suivi d'un front froid. Dans ce cas, par exemple le 8 mai 1959, le refroidissement au cours de la deuxième tranche trihoraire a atteint 3°7. C'est assez exceptionnel. Deux autres explications existent :

1°- Le passage du front est accompagné d'une forte pluie ou d'une forte nébulosité qui empêche l'augmentation de température diurne due à l'insolation. La plupart des fronts passent dans la matinée ; ceci explique le refroidissement de 1° à 1°6 en moyenne qu'on trouve dans ce cas.

2°- Une dernière explication est beaucoup plus rare. Un front chaud passe dans la soirée et est suivi d'une hausse de pression assez importante qui provoque pendant la nuit l'établissement d'une situation anticyclonique, un assez fort rayonnement nocturne et, de ce fait, un refroidissement supérieur à la moyenne.

Ces cas de refroidissement surviennent lors de passage de fronts polaires ou de pseudo-fronts. Pendant ces trois années, le front arctique n'a jamais engendré ce phénomène.

Rappelons que ces exemples de refroidissement ou de réchauffement sont rares. La variation de température suit généralement le passage immédiat du front chaud.

Les résultats sont à peu près identiques lors du passage d'un front froid.

Variations de température au bout de six heures
lors du passage d'un front froid

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>	<u>A.A.</u>
Hiver	- 2°3		- 0°9	- 1°6
Printemps	- 1°1		- 0°9	- 0°3
Eté	- 1°9	- 2°3	- 0°6	
Automne	+ 1°1	+ 0°2	- 0°9	
Moyenne annuelle	- 1°6	- 1°1	- 0°8	- 0°9

L'écart entre la première et la deuxième tranche tri-horaire est assez faible. Le refroidissement survient donc comme le réchauffement, immédiatement après le passage du front. Les seuls écarts importants correspondent au passage d'un front arctique en automne et en été (cas extrêmement rares). Dans l'ensemble, et pour toutes les masses d'air, le refroidissement s'est très légèrement poursuivi au cours de la seconde tranche tri-horaire.

Pourcentage de fronts où les variations de la seconde
tranche tri-horaire sont inférieures à 1° par rapport
à la première

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>
Hiver	58,3 %		75,9
Printemps	90,9 %		67,9
Eté		71,4	82,9
Automne		100	76,5

Sauf pour les fronts arctiques, l'écart entre les deux tranches horaires est encore plus faible que les résultats obtenus pour les fronts chauds. Par contre, la variation au cours des saisons est identique.

Le refroidissement qui se poursuit au cours de la seconde tranche horaire semble dû essentiellement :

- pour le front polaire, à une heure de passage proche du second relevé de température : c'est vrai pour tous les cas, rares il est vrai, relevés au cours de ces trois ans ;

- pour les fronts au sein de l'air polaire, 36,8 % avaient déjà provoqué un refroidissement supérieur à la moyenne au cours de la première tranche tri-horaire. Mais le refroidissement moyen est exactement semblable à la moyenne de l'ensemble des fronts : $- 0^{\circ}7$. Le refroidissement moyen au cours de ces six heures est de $- 2^{\circ}3$. Un refroidissement prolongé est moins fréquent et moins accusé que le réchauffement lié au front de la même catégorie.

- pour les fronts arctiques, la diminution de la température au cours de la seconde tranche horaire est davantage due à la température beaucoup plus basse de la masse d'air (refroidissement moyen au cours des six heures : $3^{\circ}6$). Cette particularité s'explique aisément : plus l'air arctique pénètre vers le sud, plus il est froid. Ceci n'est pas valable aussi souvent pour l'air polaire postérieur à un front froid car la masse d'air peut venir de l'ouest, et la température reste constante dans la traîne.

Nous n'insisterons pas sur les cas de réchauffement que l'on observe dans la deuxième tranche tri-horaire et qui existent dans toutes les masses d'air. Ils s'expliquent par des conditions particulières : arrivée d'un front chaud, hautes pressions et faible nébulosité au cours de la jour-

née, trains avec air venant de Sud-Ouest.

B)- Les précipitations et les types de fronts.

Il est possible de connaître la durée exacte des précipitations. La quantité des pluies est donnée seulement par douze heures. Ce n'est finalement pas très gênant. L'influence d'un front se fait sentir pendant une assez longue période. L'ascendance de l'air qui se produit en altitude entraîne des pluies au sol. Ce phénomène sera l'objet d'études ultérieures. Pour le moment, les recherches porteront sur les différences de pluviosité selon les types de front -(polaire, arctique) ... L'étude sera effectuée sur les fronts chauds et froids suffisamment individualisés pour que soit possible une attribution très précise de la quantité de pluie. Comme l'influence du passage d'un front se fait sentir plus longtemps sur la pluviosité que sur la température, le nombre de fronts retenus pour cette étude est légèrement inférieur à celui utilisé pour l'étude précédente.

Hauteur des précipitations
selon les types de fronts chauds

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>
Hiver	2,2 mm	-	4 mm
Printemps	0,4 mm	-	2,7 mm
Eté	-	1,4 mm	5,1 mm
Automne	-	5,3 mm	3,5 mm
Moyenne annuelle	1,5 mm	2,5 mm	4 mm

Le nombre de cas varie en fonction des saisons. La moyenne annuelle, pour cette raison, est souvent influencée

par la moyenne de l'hiver (F.A. et A.P.).

La différence entre les types de front est proportionnellement beaucoup plus marquée que pour les températures. Cette différence est à peu près équivalente à celle qui existe d'une saison à une autre. Un tableau de la durée moyenne des précipitations lors d'un passage de fronts chauds permettra de voir si la quantité des pluies est liée à la durée.

Durée des précipitations
lors du passage d'un front chaud

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>
Hiver	2,2 h		5,8 h
Printemps	1,8		3
Eté	-	3 h	6,2
Automne	-	4 h 6	3,8 h
Moyenne annuelle	2	3,5	5
Quantité moyenne par heure de précipitations	0,8 mm	0,7 mm	0,8 mm

La variation de la pluviosité en fonction du type de front semble dépendre essentiellement de la durée très différente de la pluviosité lors du passage d'un front. Avant d'entreprendre une étude plus précise, il est bon de voir si des résultats analogues existent pour les fronts froids.

Hauteur des précipitations
selon les types de fronts froids

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>	<u>A.A.</u>
Hiver	4,4	-	6,2	5,3 mm
Printemps	1,7	-	0,7	1,8 mm
Eté	1	1,5	1,7	-
Automne	-	1	4,5	-
Moyenne annuelle	3,1 mm	1,3 mm	3,2 mm	3,3 mm

Les résultats sont différents : les fronts arctiques froids, plus nombreux en hiver et au printemps, provoquent beaucoup plus de pluie que les chauds.

Durée des précipitations
lors du passage d'un front froid

	<u>F.A.</u>	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>	<u>A.A.</u>
Hiver	3,5		4,3	4,7
Printemps	3		1,5	1,5
Eté	0,9	4	2	
Automne	-	3,8	3,9	3,1
Moyenne annuelle	3,2 h	3,9 h	3 h	3 h
Quantité moyenne par heure de précipitation	1 mm	0,33	1,1	1

Les résultats sont très différents. La durée moyenne des précipitations est à peu près identique pour les quatre types de front. La différence est due à la variation de l'intensité de la pluie.

L'explication paraît assez simple pour les fronts froids. L'air froid se glisse sous l'air chaud et le soulève (Croquis R, p. 70).

L'ascendance de l'air chaud varie avec la masse d'air : l'air tropical vient de régions méridionales et se refroidit progressivement à sa base ; sa stabilité augmente. Soulevé par l'air froid, son ascendance sera moindre. Les autres masses d'air arrivent de régions septentrionales, se réchauffant à leur base, et deviennent de plus en plus instables. Soulevées, ces masses d'air seront soumises à des phénomènes d'ascendance très importants et l'intensité des pluies sera plus forte. L'air arctique sera plus sensible encore à ce phénomène car il vient directement du Nord. Mais son trajet au-dessus de la mer est généralement plus court, sa température est en moyenne plus basse, aussi sa teneur en humidité est plus faible. On explique ainsi aisément pourquoi l'intensité moyenne est plus forte pour les fronts au sein de l'air arctique (air arctique soulevé), pour les fronts arctiques, ou ceux au sein de l'air polaire (air polaire soulevé) ; par contre, elle est beaucoup plus faible pour le front polaire (air tropical relativement stable).

Ces chiffres résultent d'une moyenne, et l'analyse des fréquences montre qu'une forte pluviosité s'observe dans chaque type de front, sauf pour le front polaire.

Comme l'intensité varie selon les saisons, nous comparerons la fréquence des fortes pluies pour le front arctique et le front au sein de l'air polaire en hiver et au printemps, entre le pseudo-front polaire et le front polaire en été et en automne.

Pourcentage des pluies selon leur intensité,
dans les cas du front arctique et des fronts
au sein de l'air polaire ou de l'air arctique
en hiver et au printemps.

	<u>F.A.</u>	<u>A.P.</u>	<u>A.A.</u>
Moins de 5 millimètres	76,3	79,2	88,9
De 5 à moins de 10 mm	9,5	5,7	-
10 et plus	14,3	15,7	11,1

La troisième catégorie n'a pas la même valeur car les fronts au sein de l'air arctique sont beaucoup moins nombreux (9 cas). Le comportement des fronts arctiques et des fronts d'air polaire est à peu près identique. Les précipitations égales ou supérieures à 10 mm sont relativement fréquentes : autour de 15 %.

Pourcentage des pluies selon leur intensité
dans les cas de front polaire et du front
au sein de l'air polaire, en été et en automne
(front froid).

	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>
Moins de 5 millimètres	90,9	78,3 %
De 5 à moins de 10 mm	9,1	11,7
10 mm et plus	-	10 %

Les fortes précipitations dues à un front froid polaire sont extrêmement rares et tranchent avec tous les résultats trouvés précédemment. Les très fortes précipitations dues aux fronts froids existant dans l'air polaire sont plus rares en été et en automne qu'en hiver et au printemps. Il semble donc que ce soit en partie la catégo-

rie de la masse d'air chaud qui explique la variation de la pluviosité selon les types de front.

En partie seulement ! Nous avons essayé de trouver une corrélation entre type de front et intensité de la pluie par diverses méthodes que nous n'étudierons pas ici (coefficient de corrélation proprement dit, coefficient de Tschprow). Nous ne rapporterons que deux de ces recherches établies grâce au test de Pearson en $\chi^2(1)$. Les fronts polaires sont si rares que pour respecter les conditions générales d'application du test, l'intensité choisie a été basse ou dans le second exemple, nous avons utilisé les fronts froids de cinq étés et de cinq automnes, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960.

Rappelons ces conditions :

- 1°- l'échantillon est choisi au hasard ;
- 2°- le nombre N de membres doit être au moins égal à cinquante ;
- 3°- le nombre de cas de chaque case doit être au moins égal à cinq.

Rappelons la formule :

$$\chi^2 = \frac{N \left(\frac{a \cdot a}{n} - \frac{a \cdot c}{n} \right)^2}{\frac{a}{n} \frac{a}{n} \frac{a}{n}}$$

	<u>F.P.</u>	<u>A.P.</u>	<u>Totaux</u>
Intensité inférieure à 0,4 mm/heure	6	32	38
Intensité égale ou supérieure à 0,4 mm/h	5	25	30
Totaux :	11	57	68

Après les corrections nécessaires (correction de continuité de Yates), on obtient :

$$\chi^2 = \frac{0,6 \cdot (5,5 \cdot 31,5 - 5,5 \cdot 25,5) \cdot 2}{11 \cdot 57 \cdot 31 \cdot 37} = \frac{74052}{719169} = 0,10$$

(1)- On sait que le χ^2 permet d'utiliser les séries relativement courtes.

Cette valeur de χ^2 est si faible que l'on peut estimer qu'il y a indépendance totale entre l'intensité de la pluie en fonction de la durée, et le type de front.

Comme l'intensité choisie est très faible, une autre méthode a été utilisée : la recherche d'une contingence entre le type d'air soulevé et la quantité de précipitations observées. Cette recherche a été faite sur cinq ans et non sur trois ans comme la précédente.

Air soulevé par le front froid

	<u>Tropical</u>	<u>Polaire</u>	<u>Totaux</u>
Quantité de pluie inférieure à 4 mm	14	68	82
Quantité de pluie égale ou supérieure à 4 mm	5	25	30
Totaux	19	93	112

Les fréquences observées sont si proches des fréquences théoriques calculées dans l'hypothèse de l'indépendance que nous n'avons pas fait la correction de Yates. Cette absence de correction conduit à un χ^2 trop élevé.

$$\chi^2 = \frac{112 (14 \cdot 25 - 5 \cdot 68)}{19 \cdot 93 \cdot 82 \cdot 30} = 0,023$$

Il y a donc indépendance entre masse d'air soulevée et quantité de pluie.

Le chiffre maximum obtenu pendant ces cinq années, lorsque l'air tropical était soulevé par une masse d'air froide, est 7 millimètres. Ce chiffre est dépassé 11 fois sur 53 lorsque c'est l'air polaire qui est soulevé. Le problème se pose : pourquoi n'y a-t-il pas de pluie très forte lors du passage du front polaire ?

La conclusion apparaît : la distinction des types de front selon les masses d'air est secondaire.

La variation des précipitations en fonction des fronts chauds semble plus difficile à expliquer. Elle est davantage liée à la durée des précipitations (Tableaux pages 12, 83, 84). La comparaison des fréquences des fortes pluies avec celles trouvées pour les fronts froids (p. 179) permettra peut-être de voir quelle est la masse d'air qui joue le rôle le plus important.

Pourcentage des fréquences de pluie selon leur intensité lors du passage d'un front chaud arctique ou d'un front au sein de l'air polaire, en hiver et au printemps.

	<u>F.a.</u>	<u>A.P.</u>
Moins de 5 millimètres	90 %	71,4 %
De 5 à moins de 10 millimètres	-	17,1
10 millimètres et plus	10	11,4

Les fréquences de ces deux types de front sont moins semblables pour les fronts chauds que pour les fronts froids. Les fronts arctiques provoquent davantage de petites pluies que les fronts au sein de l'air polaire.

Pourcentage des fréquences de pluie selon leur intensité lors du passage d'un front chaud polaire ou d'un front au sein de l'air polaire en été et en automne.

	<u>L.P.</u>	<u>A.P.</u>
Moins de 5 millimètres	78,6 %	70,6 %
De 5 à moins de 10 mm	14,3	11,8
10 et plus	7,1	17,6

Les pourcentages correspondent assez bien à l'intensité des pluies et à la quantité et la durée des précipitations.

Remarquons, cependant, que le front polaire, bien que produisant davantage de pluie que le front arctique, compte beaucoup moins de très fortes pluies que ce dernier. La stabilité de la masse d'air tropicale doit en être la cause. D'autre part, pourquoi la durée des précipitations varie-t-elle selon les types de front ? Il est impossible pour le moment d'expliquer ce phénomène. Pente plus faible du front arctique ? La masse d'air arctique antérieure étant normalement plus froide, la décroissance de la pression se fait plus rapidement, la masse d'air descendant est peu épaisse. L'air chaud, dans ces conditions, est peu soulevé, et les phénomènes d'ascendance sont limités au passage du front. Pour le front polaire, la stabilité de l'air tropical peut encore intervenir comme élément d'explication. Pour les fronts au sein de l'air polaire, au contraire, l'air est instable, la masse d'air antérieure reste assez chaude et la pente du front serait plus importante, ce qui expliquerait la durée plus grande des phénomènes d'instabilité. Ces hypothèses sont émises pour le moment, mais l'explication réelle reste à trouver. Le principal problème, finalement, est de savoir pourquoi certains fronts engendrent de fortes précipitations alors que d'autres, au contraire, ne sont marqués que par quelques nuages.

C)- Fronts et vents

Une dernière question se pose. Le front provoque-t-il un changement de direction des vents ?

quatre types de déviation peuvent se produire :

1°- Vents de même direction ou succédant à un temps calme (ou vice-versa).

2°- Légère déviation du vent postérieur au front par rapport au vent précédent (sens anticyclonique de la déviation à la station) : un vent d'Ouest succède à un vent de Sud-Ouest. L'angle formé par ces deux vents est égal ou inférieur à 45°.

3°- Déviation équivalente mais dans un sens cyclonique à la station : un vent de Sud-Ouest succède à un vent d'Ouest, par exemple.

4°- Changement de direction de vent supérieur à 45°.

Pourcentage des variations de direction du vent avant et après le passage d'un front chaud

<u>Type de déviation</u>	<u>Hiver</u>	<u>Printemps</u>	<u>Été</u>	<u>Automne</u>
	<u>Front arctique</u>			
1	33 %	25 %	-	-
2	50	25	-	-
3	17	50	-	-
4	-	-	-	-
	<u>Front polaire</u>			
1	-	-	20 %	17 %
2	-	-	30	33
3	-	-	50	33
4	-	-	-	17

<u>Type de déviation</u>	<u>Hiver</u>	<u>Printemps</u>	<u>Eté</u>	<u>Automne</u>
<u>Front au sein de l'air polaire</u>				

1	29 %	21 %	45 %	60
2	57	43	40	27
3	14	36	10	13
4	-	-	5	-

Les changements importants de direction (type 4) sont exceptionnels. La déviation des vents est inférieure ou égale à 45°.

Au passage des fronts froids, les déviations des vents sont également faibles, sauf pour le front polaire.

Pourcentage des variations de direction du vent avant et après le passage d'un front froid

<u>Type de déviation</u>	<u>Hiver</u>	<u>Printemps</u>	<u>Eté</u>	<u>Automne</u>
<u>Front arctique</u>				

1	-	9 %	-	-
2	83 %	64	100	100
3	-	18	-	-
4	17	9	-	-

Front polaire

1	-	-	29	50
2	-	-	43	25
3	-	-	14	-
4	-	-	14	25

Front au sein de l'air polaire

1	18	24	40	30
2	57	45	29	55
3	11	17	20	-
4	14	14	11	15

Le cas 2 est le plus fréquent. En effet, le croquis N° 1 R p. 75 représente l'aspect le plus courant d'une perturbation. Les vents tournent dans le sens cyclonique autour du point double ou triple, souvent associé à une dépression. Une station reçoit, par exemple, d'abord un vent de Sud-Ouest, puis d'Ouest, puis Nord-Ouest. A la station, la déviation des vents est donc dans le sens anticyclonique.

Dans le cas du front chaud polaire, la déviation est souvent inverse (Croquis N° 3). Un air de Sud-Ouest remplace un air d'Ouest. Dans le cas d'un front chaud arctique au printemps, un air de Nord-Ouest remplace souvent un air de Nord. (Croquis N° 4).

Les fronts froids provoquent, comme les fronts chauds, une déviation anticyclonique à la station (Croquis N° 1), mais comme plusieurs fronts froids peuvent se succéder, le pourcentage des vents de même direction est plus fréquent que pour les fronts chauds (Croquis N° 5).

L'élément à souligner dans cette étude reste le peu de changement dans la direction des vents de part et d'autre d'un front, quels que soient la masse d'air et le type de front.

C)- Le front méditerranéen

On n'en relève aucun de 1958 à 1960. Pour l'ensemble des vingt ans, il n'en existe que quelques cas. Il est très peu actif en Normandie, la pluviosité est faible, 1 ou 2 millimètres de pluie.

E)- Conclusion

La modification apportée par les divers types de fronts en fonction des masses d'air semble secondaire si on la compare à celle liée aux saisons et surtout aux diverses catégories de fronts, chauds, froids ...

Malgré tout, un certain nombre de nuances apparaissent.

Le front arctique, fréquent en hiver et au printemps, entraîne le refroidissement le plus important. Comme front chaud, il provoque peu de pluie (durée des précipitations : courte). Comme front froid, il est assez pluvieux en hiver. Les variations dans la direction des vents sont les plus faibles.

Le front polaire, plus rare que le précédent, existe surtout en été et en automne. Le moins pluvieux en tant que front froid, il ne provoque que des pluies moyennes en tant que front chaud.

Le front au sein de l'air polaire est de loin le plus courant. La variation de température liée au front froid est la plus faible. Il provoque le plus de pluie. La durée des précipitations des fronts chauds est très grande.

Le front au sein de l'air arctique, très rare, ne se présente que sous forme de front froid, assez pluvieux.

L'étude des fronts sera faite désormais selon la catégorie. Quatre d'entre elles (Croquis R, p. 76) peuvent facilement se comparer et représentent généralement quatre positions de la perturbation.

1°- Très au sud du courant perturbé, les fronts froids et les fronts chauds sont suffisamment éloignés pour que l'on puisse les distinguer.

Il existe quelques fronts froids secondaires ou isolés.

2°- Plus au Nord, vers le courant, les deux fronts sont suffisamment rapprochés pour que les températures et surtout les précipitations soient confondues.

3°- Le point double (rare) ou le point triple représente un aspect important d'une perturbation.

4°- L'occlusion, au Nord du courant, représente le terme de l'évolution.

Il sera intéressant de comparer ces quatre aspects, de voir en particulier lequel provoque le plus de pluies.

Deux autres catégories existent :

- les fronts stationnaires,
- les dépressions complexes, souvent formées de deux séries de perturbations encaîtées.

*

* *

II- LES FRONTS CHAUDS *****

Nous décrirons le passage d'un front chaud type à Cherbourg. L'arrivée du front s'annonce par une baisse de pression modérée, 6 à 12 heures auparavant. La nébulosité n'est pas forte. Il est très rare de voir apparaître des cirrus ou des altostratus. Le type de nuage le plus courant, avant et pendant le passage du front, est le stratocumulus ne provenant pas de l'étalement de cumulus. Puis le ciel se couvre à 8 octas. Une bruine d'abord intermittente se transforme progressivement en bruine et pluie, et même en pluie assez forte. Le réchauffement moyen (pour les 12 saisons) atteint 1° au cours de la première tranche tri-horaire et commence à diminuer ensuite (baisse moyenne de 0°2) au cours de la seconde tranche tri-horaire. La pluie dure en moyenne 4,4 heures. Elle est entrecoupée d'arrêts. La hauteur atteint en moyenne 3,5 millimètres. La bruine est plus fréquente après le passage du front qu'avant. La visibilité baisse ; le plafond des nuages, également, et se situe à quelques centaines de mètres. Le front chaud vient du Sud-Ouest ou de l'Ouest. Après le passage du front, les vents prennent une direction variant du Sud-Sud-Est à Sud-Ouest. Le plus souvent, la pression continue à baisser. L'humidité relative reste constante autour de 80 à 90 %.

Ce faciès change plus ou moins au cours des saisons. C'est en hiver que le réchauffement est le plus important : 1°4 au cours de la première tranche tri-horaire, 1°7 en six heures. La pluviosité s'apparente à la moyenne annuelle,

3,6 mm, mais la durée est supérieure, 5 h.10.

Le printemps se caractérise par une pluviosité plus faible tant en quantité (2,8 mm) qu'en durée (3 h.5). La quasi-totalité des fronts viennent du Sud-Ouest ou de l'Ouest.

L'été, le front chaud provoque encore un réchauffement plus faible, en moyenne 0°7 en 3 h. La température a tendance à diminuer dans la deuxième tranche tri-horaire (0°1 puisque l'augmentation de température n'atteint plus que 0°6 en six heures). La pluviosité est semblable à celle de l'hiver : 3,8 mm en 5 h. Les vents de SW, d'Ouest, deviennent presque aussi nombreux que ceux du secteur SSE à SW.

L'automne est la saison où le réchauffement est le plus faible : 0°2 en trois heures, 0°6 en six heures. Par contre, la pluviosité est la plus forte bien que sa durée soit moyenne : 3,9 mm en 4 heures. C'est la seule saison où les vents qui suivent le front soient plus nombreux du secteur WSW à NW du secteur SSE à SW.

Comment expliquer ces différences ? Les fronts venant du Sud-Ouest ou de l'Ouest arrivent de la mer ; c'est en hiver que le contraste entre mer et terre est le plus important ; en été ou en automne, le contraste est faible. Pour la pluviosité, il est sans doute possible de faire intervenir également l'influence de l'océan, mais les différences de circulation jouent un rôle plus important.

Le plus intéressant paraît être le problème de la variation de la température ou de la pluviosité d'un front à l'autre.

Pour expliquer ces phénomènes, nous allons examiner les fronts qui apportent le plus fort réchauffement.

Il existe plusieurs cas différents :

1°- L'arrivée d'une masse d'air polaire maritime fait disparaître la stagnation d'une masse d'air polaire continental. Ce cas n'existe qu'en hiver et au printemps et est beaucoup moins fréquent qu'on pourrait s'y attendre.

2°- La trajectoire de la masse d'air paraît également secondaire : des fronts viennent du Nord, du Nord-Ouest, de l'Ouest ; mais la trajectoire la plus fréquente en cas de fort réchauffement est celle du Sud-Ouest.

3°- L'élément le plus important est l'absence d'une masse d'air froid au niveau de la Normandie sur la trajectoire de la perturbation : soit qu'il existe un deuxième front chaud, comme le 12 Décembre 1958 (R p. 77), soit que les ondulations du front qui suivent ce premier front chaud passent au Nord de la Normandie. L'air chaud qui arrive alors sur la région, venant de loin, n'a rencontré aucun obstacle à son réchauffement. Le cas du 3 Décembre 1960 (R p. 78) est le plus fréquent pour expliquer le réchauffement de la température de plus de 2°. Un large secteur chaud comme le 29 Décembre 1959 (R p. 79) survient moins souvent. Les exemples cités ont été choisis en hiver, mais ils se rencontrent en toutes saisons. En été, par exemple, sur trois cas de réchauffement important, deux correspondent à l'arrivée de deux fronts chauds successifs (ces fronts étaient suffisamment éloignés l'un de l'autre pour que

leur action soit distinguée).

Les fortes pluies sont toujours provoquées par des fronts qui sont liés :

1°- pour moins de 10 % des cas, à l'existence d'une dépression sur la Normandie ou à son voisinage immédiat : le 25 Juin 1958 ou le 27 Janvier 1960.

2°- pour plus de 90 % des cas, à une circulation rapide en altitude. Très souvent, dans ce cas, les perturbations passent très rapidement au sol. Il peut se produire aussi des cas de blocage au sol ; et bien des fronts traversent très rapidement la région sans apporter de fortes précipitations comme le 18 Janvier 1958. Cette circulation en altitude est primordiale. Elle est en grande partie indépendante des pressions au sol (tout au moins jusqu'à 1020 millibars et quelquefois plus). Le 29 Décembre 1959 (R p. 79-80), la Normandie se trouve à la limite d'un anticyclone centré sur l'Espagne à 1030 millibars et d'une zone dépressionnaire au Sud de l'Islande à 970 millibars. Un front chaud arrive de Sud-Ouest, séparant une masse d'air polaire et une masse d'air polaire maritime chaud et tropical maritime chaud. En altitude, une masse d'air chaud venant du Sud correspondant à l'anticyclone centré sur l'Espagne. Ce qui est typique, c'est la largeur et la vitesse du courant qui atteint son intensité maximum sur le Sud de l'Angleterre et le Nord de la Normandie. Il n'existe pas de sondage en Normandie. Aussi a-t-on pris celui de Trappes à 12 heures T.U. (R p. 81), c'est-à-dire un peu avant l'arrivée du front. Ce qui est

remarquable dans ce sondage, c'est l'importance de la couche saturée qui est épaisse : 2.500 mètres environ. Cette masse d'air est instable entre 950 et 900 millibars, et c'est elle qui doit donner les précipitations sous forme de pluie. Au-dessus existe une masse d'air très chaude, très humide, saturée et stable. Elle correspond à l'advection d'air chaud de type anticyclonique qui recouvre l'Europe de l'Ouest et le proche Océan sur la carte à 500 millibars. Lorsque le contact air froid - air chaud ne se fait plus sentir, cette masse d'air chaud est seule responsable de la pluie et sa forte stabilité explique les précipitations sous forme de bruine qui suivent le passage du front. Si l'on regarde le graphique (R p. 82) montrant l'intensité des pluies à Cherbourg, on pourrait situer le passage du front avant 11 h.20, heure à laquelle la pluie et la bruine commencent à se mélanger et peut-être entre 10 h.35 et 11 h.20. A 10 h.35, en effet, on note un vent violent de Sud-Sud-Est d'une vitesse de 16 noeuds, dont la direction est semblable à celle du vent à 9 heures. Si l'on regarde l'évolution des vents, il semble se produire une aspiration à l'avant du front chaud quelques heures avant à Cherbourg, plus de 4 h. à Caen. Le vent s'oriente après le passage du front de plus en plus Ouest-Est.

Directions du vent à Caen et à Cherbourg

3 heures	SW 4 noeuds	SW I
6 h.	SW 4	SW I
9 h.	S 6	SSE 5
12 h.	SSE 8	SSW 7
15 h.	SW 6	WSW 3
18 h.	WSW 9	W 5

La vitesse du vent croît lors du passage du front. Il existe, du reste, un décalage entre le passage du front à Cherbourg et à Caen, passage qui se produit dans cette dernière station avant 12 h.42 (heure où débute la bruine). L'arrivée du système nuageux a débuté environ 12 h. avant le passage du front des cirrus "queue de chat" existant dans le ciel de Cherbourg à 6 h. ; dans les autres stations, le ciel est dégagé (nébulosité de 1 octa à Caen à 4 à Rouen) avec des stratocumulus.

A 6 h., on note des altocumulus et stratocumulus à Cherbourg, des cirrostratus à Caen, des altocumulus et cirrus au Havre, des stratocumulus, altocumulus et cirrocumulus à Rouen.

A 12 h. à Cherbourg, stratus fractus de mauvais temps sous altostratus ou nimbostratus ; la même chose au Havre, à Rouen, des stratocumulus sous altostratus ou nimbostratus. A 18 h., stratocumulus ou stratofractus ou stratus en nappe.

Altitude de la couche nuageuse
couvrant au moins la moitié du ciel
la plus basse.

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Le Havre</u>	<u>Rouen</u>
6 heures	500 m	4.500	6.000	7.000 m
12	200	250	400	250
18	100	200	0	220

Il y a donc un abaissement du plafond nuageux lors du passage du front chaud et après. Il semble même que le plafond le plus bas se trouve dans le secteur chaud.

Ici, la forte épaisseur de la couche saturée explique l'importance des précipitations :

En 12 heures :	22 millimètres	à Cherbourg
	8	à Granville
	12	à Caen
	11	à Alençon
	14	au Havre
	14	à Rouen.

La comparaison de la carte des précipitations et de celle de la circulation en altitude montre que les stations les plus arrosées sont, dans l'ensemble, les plus proches du courant.

La forte pluviosité et l'absence de rayonnement solaire expliquent la stagnation des températures immédiatement après le passage du front. A partir du moment où la bruine cesse, le réchauffement se fait sentir, c'est-à-dire à 19 h.35 à Cherbourg et à 20 h.30 à Caen. Nous avons là un excellent exemple de front chaud pluvieux. Nous étudierons ultérieurement comment une circulation rapide explique une forte pluviosité.

Nous avons été frappée, en regardant le sondage, par l'épaisseur de la masse d'air saturée. Or, en étudiant les fronts et les masses d'air, nous avons vu que les différences n'étaient pas liées à l'intensité mais plutôt à la durée des précipitations. Nous avons cherché s'il existait une corrélation entre l'épaisseur de la masse d'air saturée et la durée des précipitations.

Nous utilisons la formule :

$$r = \frac{\sum \Delta s - \Delta s}{\sigma \Delta s \cdot \sigma b}$$

Pour le calcul, voir le tableau R p. 83.

Il aurait été bien entendu préférable de trouver une station autre que Trappes, mais il n'en existe pas en Normandie. Nous aurions pu également choisir une station plus proche, mais celle-ci n'aurait pas été à proximité de la mer. Malgré l'éloignement de Trappes, le coefficient de corrélation entre la durée des précipitations à Cherbourg et l'épaisseur de la couche d'air contenant au moins 75 % d'humidité est de 0,57, c'est-à-dire beaucoup plus élevé que les valeurs extrêmes réalisées par le hasard : 0,27.

Nous avons d'abord choisi l'épaisseur de la couche saturée. Cette valeur donnait de bons résultats pour l'hiver mais mauvais en été. Pendant cette dernière saison, la couche est rarement saturée. D'autre part, la variation de température entre le jour et la nuit est plus forte qu'en hiver. A 30°, un air contenant 75 % d'humidité aura 2,26 g par mètre cube. Il deviendra saturé si la température s'abaisse au-dessous de 25°, ce qui peut se produire tous les jours.

Le même calcul a été effectué pour montrer les rapports entre l'épaisseur de la couche d'air contenant au moins 75 % d'humidité et la quantité des précipitations à Cherbourg (Voir le tableau R, p. 84). La corrélation est valable (0,45 pour le même nombre de valeurs), mais elle est plus faible. Cette dernière corrélation ne s'explique que par le lien entre la durée et la quantité des précipitations. Pour ces mêmes 91 valeurs, le coefficient de corrélation atteint 0,76, ce qui est très élevé (Tableau

R, p. 85).

On peut penser que la corrélation serait plus forte si les relevés en altitude étaient effectués à Cherbourg. Le 8 Juin 1960, par exemple, il n'existe aucune corrélation : l'air au-dessus de Trappes contient moins de 75 % d'humidité ; par contre, il pleut toute la journée à Cherbourg (14,4 mm). Ce jour-là, le front chaud ouest-est se déplace parallèlement à sa direction et Cherbourg subit toute la journée son influence. Par contre, à Trappes, seule une queue de front se fait sentir.

Comment expliquer la corrélation entre l'épaisseur de la couche humide et la durée des précipitations ? Le 29 Décembre 1959 (R p. 78 à 81) constitue un exemple excellent. Dans un front chaud, la masse d'air est stable car elle vient généralement du Sud et se refroidit progressivement à la base. Cette stabilité freine tout mouvement d'ascendance et explique le peu de variation de l'intensité des pluies. La condensation est due à la saturation de l'air liée à une forte humidité de cet air chaud qui vient le plus souvent de régions maritimes. Cette condensation se produit essentiellement au contact de l'air froid, le long du front. Le croquis R p. 85 montre bien le lien entre la durée des précipitations et l'épaisseur de la masse d'air. Les précipitations commencent à se produire bien avant le passage du front, lorsque la masse d'air saturée est épaisse. Si la masse n'est pas très humide, comme l'air est stable, il n'y a guère d'ascendance et de ce fait les précipitations sont rares ou inexistantes.

On s'explique désormais fort bien pourquoi le front arctique est le moins arrosé puisqu'il est formé de masses d'air assez froides, donc qui contiennent peu d'humidité. L'air tropical ou l'air maritime chaud au contraire sont capables de contenir davantage d'humidité sur une beaucoup plus grande épaisseur.

La pluie qui précède le front est due surtout aux quelques phénomènes convectifs qui se produisent dans l'air froid antérieur. Quand l'air chaud et stable se fait sentir, c'est-à-dire essentiellement après le passage du front, il provoque de la bruine et le plafond est très bas.

Le cas d'un front chaud ne provoquant qu'une pluie insignifiante ou même nulle est finalement le cas le plus fréquent. Les sept huitièmes des fronts étudiés dans nos statistiques provoquant des précipitations inférieures à 4 millimètres et 70 % environ moins de 2 millimètres. Nous prendrons comme exemple le 8 Mai 1959 (R p. 87-68). La situation au sol n'est pas exactement identique à celle du 29 Décembre 1959 : le gradient de pression est moins important. Le principal anticyclone est centré beaucoup plus loin de l'Europe, au Sud des Açores (1025 millibars). La dépression au Sud de l'Islande est moins creusée. La perturbation vieillie vient de l'Ouest. Le front chaud traverse la Normandie pendant la journée. En altitude, la situation est bien différente ; une circulation très lente existe sur notre région. Pas de coulée chaude ou froide bien caractérisée. Les pressions au sol sont à peu près semblables

dans les deux exemples. La simple étude des situations synoptiques n'explique pas cette différence de pluviosité.

Avant d'examiner le sondage, rappelons les conditions favorables à l'instabilité de l'air :

1°- Lorsque l'humidifié croît, puis décroît (formation de goulots entre la courbe bleue et la courbe d'état), des orages peuvent éclater.

2°- Si le niveau de libre convection (Level of free convection L.F.C. : intersection de la pseudo-adiabatique issue du point C de Rossby et de la courbe d'état) est bas, l'énergie négative de la particule peut être vaincue par la turbulence. Ce point atteint, la particule s'élève facilement car elle est plus légère que l'air ambiant.

3°- La chaleur du sol peut également favoriser l'instabilité. Le point CCL de Pettersen (Convection condensation level), situé à l'intersection de la ligne d'égal rapport de mélange saturant issue du point C de Rossby et de la courbe d'état, permet de déterminer la température de convection (T.C.), à partir de laquelle l'ascendance de l'air se développe.

Le sondage de 12 heures à Trappes (R, p. 89) montre, à la base, une couche d'air moyennement humide (64 %). Au-dessus, la masse d'air est un peu plus humide mais elle est très stable. Cette stabilité est encore accentuée par l'absence du point L.F.C.. Il faudrait que la température augmente de 4° pour que la convection démarre, probabilité faible. Toutes ces conditions expliquent l'absence de pluie

dans toutes les stations.

La nébulosité est très faible sur la côte (cirrus, stratocumulus ou altocumulus). Elle est plus forte à l'intérieur. L'insolation atteint 5,9 h. à Caen, 3,2 h. à Rouen. Le réchauffement des basses couches par le sol est plus important à l'intérieur.

L'arrivée du front chaud provoque une élévation de température importante. Le maximum est atteint à 10 heures à Cherbourg (nébulosité croissante, proximité du front froid) (R p. 90). Il semble bien que la différence de température liée au front commence à se faire sentir très légèrement avant le passage (rupture de l'alimentation en air chaud ou froid). A Caen, la différence de nébulosité n'existe pas. Aussi le réchauffement se produit plus normalement et le maximum de température à 14 h.10.

Comme la Normandie est soumise à un régime de marais barométrique, l'évolution des vents est peu caractéristique, et ceux-ci sont faibles. Il semble, malgré tout, que le passage du front, à Caen en particulier, ait entraîné une augmentation de la vitesse. Le vent maximum instantané atteint 7 m/s à Caen à 9 h.40, sans doute un peu avant le passage du front.

L'étude de ces exemples de front chaud a montré parfois un comportement différent selon les stations.

Une étude des corrélations entre l'épaisseur de la couche d'air contenant au moins 75 % d'humidité et la durée ou la quantité des précipitations pour diverses stations met en valeur l'influence différente des fronts chauds selon

les lieux : l'épaisseur de la couche d'air humide explique de moins en moins l'importance des pluies à mesure que l'on va de la côte vers l'intérieur.

Les tableaux N° 4-5-6-7 R p. 91 à 94 montrent ce phénomène.

A Caen, la corrélation est encore valable : le coefficient de corrélation entre l'épaisseur de la couche contenant au moins 75 % d'humidité et la durée des précipitations atteint encore 0,40 (0,27 pour les valeurs extrêmes réalisées par le hasard). La diminution est forte par rapport au taux de Cherbourg pour un nombre sensiblement égal de valeurs : 0,57. Comme le coefficient de corrélation entre quantité de pluie et durée baisse légèrement - 0,70 au lieu de 0,76 à Cherbourg -, le coefficient de corrélation entre épaisseur de la couche d'air humide et la quantité de précipitations à Caen n'atteint plus que 0,29. Il y a indépendance entre les deux notions à Alençon : coefficient de corrélation 0,21.

*

* *

III- LES FRONTS FROIDS

Le front froid typique présente certaines différences avec le front chaud. La baisse de pression liée à l'arrivée du front chaud se poursuit jusqu'au passage du front froid. Ensuite, la pression remonte. La nébulosité

qui précède le front n'est pas très caractéristique et dépend surtout de la proximité du front chaud précédent. Le nuage le plus courant est celui cité lors du passage du front chaud : le stratocumulus ne provenant pas de l'étalement des cumulus. Le ciel est souvent un peu moins couvert qu'avant le front chaud : 6 à 8 octas. Une ou deux heures avant l'arrivée du front froid, des cumulus apparaissent si les précipitations sont faibles ou inexistantes, des fracto-stratus et nimbostratus dans le cas contraire. La base des nuages est à peu près constante : quelques centaines de mètres. A la différence du front chaud, la visibilité est excellente : 3.000 mètres, et le plus souvent bien davantage. Le refroidissement moyen (pour les douze saisons) atteint 0°9 au cours de la première tranche tri-horaire et se poursuit légèrement au cours de la seconde tranche tri-horaire pour atteindre 1°1. Le refroidissement d'0 au froid dure donc plus longtemps que le réchauffement causé par un front chaud. Ceci s'explique aisément : le front chaud est suivi d'un front froid ; celui-ci, au contraire, est complété par une traîne qui est formée d'air de plus en plus froid.

Le passage du front s'accompagne souvent d'une baisse de température brutale, mais très courte : un crochet assez caractéristique apparaît sur les profils thermiques (Voir croquis N° 1 R p. 95). Ce phénomène provoque une augmentation correspondante de l'humidité relative (Croquis N° 2 R p. 95). Celle-ci est moins élevée qu'au passage d'un front chaud. Elle continue souvent à baisser après le passage du front froid.

Le front froid entraîne moins de pluie que le front chaud :

1°- Les précipitations sont plus courtes : en moyenne, la pluie se produit pendant 2,9 h. au lieu de 4,4.

2°- La quantité moyenne des précipitations est plus faible : 2,8 millimètres. Les précipitations tombent surtout sous forme de pluie, quelquefois d'averses, rarement sous forme de bruine comme dans un front chaud. Ceci explique l'intensité un peu plus forte des pluies : environ 1 mm/heure pour le front froid, 0,8 mm/heure pour le front chaud.

Les précipitations se font de trois manières :

a)- le plus fréquemment (un peu plus de 4 fois sur 10), sous forme de brefs épisodes pluvieux.

b)- un peu plus de 3 fois sur 10, sous la forme d'une période de pluie couvrant plusieurs heures suivie d'"averses" brèves ;

c)- une fois sur quatre, sous la forme d'une pluie continue.

3°- Les fronts froids provoquent plus fréquemment des pluies faibles que les fronts chauds.

Pourcentage des fronts
provoquant des pluies faibles à Cherbourg

	<u>Front chaud</u>	<u>Front froid</u>
Aucune trace de pluie	22 %	28 %
Pluie inférieure à 1 mm	41 %	51 %
Pluie inférieure à 2 mm	51 %	63 %

Soulignons le dernier chiffre : 63 % des fronts froids n'engendrent qu'une pluie inférieure à 2 mm.

Après le passage du front, la pression augmente (l'air froid est plus lourd), l'humidité relative diminue, le ciel se couvre le plus souvent de stratocumulus dus à l'étalement des cumulus. La base des nuages reste à peu près constante. La nébulosité diminue le plus souvent. La visibilité augmente. Très rarement de la grêle se produit dans la traîne. Les orages ne sont pas liés au passage du front froid : un cas seulement en trois ans.

Après le passage du front, les vents sont le plus fréquemment orientés de SSW à W, c'est-à-dire un peu plus à l'Ouest et au Nord que pour les fronts chauds. Ceci s'explique facilement : si les fronts froids viennent le plus souvent de l'Ouest, les deux autres directions privilégiées sont le Nord, puis le Nord-Ouest (et non le Sud-Ouest comme pour les fronts chauds).

Les variations selon les saisons sont importantes.

En hiver, le refroidissement est le plus important, sans doute à cause du plus grand nombre de fronts venant du Nord : 1°4 en moyenne. Les apports de pluie sont plus fréquents et plus abondants : 4,7 millimètres en 4 h.7.

Au printemps, les fronts n'apportent que peu de pluie ; durée la plus courte, intensité la plus faible des précipitations : 1,1 mm en 1 h.6.

En été, les variations de température sont comme au printemps peu importantes : 0°7 en 3 heures. Mais les pluies sont un peu plus abondantes : 1,5 mm en 2 heures. C'est en cette saison que les vents de SSW à WSW sont les plus nombreux.

En l'automne, les températures sont semblables : 0°7 en 3 heures, mais la pluviosité est plus importante : 3,9 mm en 2 heures 8. C'est en cette saison que l'intensité des pluies est la plus forte.

Le 27 Octobre 1959, R p. 96, le passage du front ou plutôt des fronts, va provoquer de fortes pluies. La situation est assez simple. Une dépression très creusée (955 mb) est située au Sud de la Scandinavie. En altitude, elle est surmontée par une coulée froide de Nord, qui renforce son influence. Cette masse d'air froide est extrêmement active : le noyau de variation de pression est exceptionnellement creusé : - XLV à 6 heures, - XXXV à 18 heures. Cette baisse correspond au passage des deux fronts froids. Très fréquemment, il existe dans l'air froid des discontinuités qui ne sont pas toujours dessinées sous forme de front sur les B.Q.E.. Ce jour-là, le premier front est établi au sein de l'air polaire, le second entre air polaire et air arctique. Notons, enfin, l'extrême rapidité de la circulation en altitude au-dessus de la Normandie (Carte N° 2 R p. 96).

Pour l'ensemble de la Normandie, à l'exception de la Pointe du Roc (4 millimètres), la pluviosité a été énorme : en 12 heures, il est tombé 20 millimètres à Caen, 30 à Cherbourg, 19 à Alençon (Carte R p. 97). En 24 heures, le refroidissement a été assez important : 3° à Alençon, 5° à Caen, Cherbourg, La Hève, 6° à Rouen. La traîne a surtout été active à Caen.

Examinons maintenant, dans le détail, l'action de ces deux fronts (Croquis R p. 98). La température commence à diminuer, semble-t-il, un peu avant le passage du front (influence de la pluie et du ciel couvert). Une baisse importante correspond à l'arrivée du premier froid :

2°6 à Cherbourg

1°2 à Caen.

Le crochet correspondant à la baisse momentanée de température existe dans les deux stations. Après, une remontée de la température survient entre les deux fronts. Elle est plus importante à Caen qu'à Cherbourg. Dans cette dernière station, la température maximum a été relevée au cours de la nuit. L'arrivée du second front entraîne des changements notables beaucoup plus momentanés à Cherbourg : baisse de 2°8 ; mais à 15 heures, la température est remontée à 12° et l'action du premier front semble davantage déterminante. A Caen, la chute de température est encore plus importante : le maximum de température (12°8) se situe à 14 h.30 et une demi-heure après, le thermomètre n'enregistre plus que 8°8, soit 4° en moins. Il n'y aura plus d'augmentation de température, mais une diminution progressive assez conforme à l'évolution diurne. L'action du second front semble plus décisive. Pour un résultat en 24 heures identique, l'évolution entre les deux stations a été un peu différente. Sans doute est-elle liée à la pluviosité : à Cherbourg, la pluie a été plus intense lors du passage du premier front, à Caen lors du second : averses (et même une averse de grêle) et orages. De toute façon, il faut souligner l'action du front froid sur les températures : ce n'est pas une diminution régulière de la température, mais une évolution en dent de scie. Ce phénomène n'est pas constant, mais se rencontre fréquemment ; les météorologistes reconnaissent souvent une discontinuité grâce à ce qu'ils appellent un crochet thermique.

L'évolution de la nébulosité et de la pluviosité est assez caractéristique : à Cherbourg, jusqu'au passage du front, le ciel est entièrement couvert de nuages de mauvais temps (stratus fractus), la pluie est continue bien avant le passage du front, le plafond est bas : 250 mètres, la visibilité diminue, elle passe de 6.000 à 0 heure à 2.000 à 6 heures. Il tombe dans la nuit 13,6 millimètres. La pluie continue s'arrête peu après le passage du front. A Caen, le ciel est couvert de stratocumulus, le plafond nuageux est légèrement plus élevé : 630 mètres. Le passage du pre-

mier front donne un épisode de pluie continue un peu plus bref, cependant qu'à Cherbourg, et sans doute plus faible : vers 10 h., on a noté une pluie faible. Une heure à deux heures après le passage du front, dans les deux stations, la pluie s'arrête, le ciel est encore couvert de fracto-stratus. A Cherbourg, la nébulosité a légèrement diminué : 7 octas (cumulus), le plafond nuageux n'a guère bougé : 300 mètres. Cette légère diminution de la pluviosité explique sans doute le relèvement de la température : le réchauffement se produit avant 12 heures à Cherbourg, plus tard à Caen.

Le passage du second front se traduit par une pluviosité différente : plus de pluie continue, mais des pluies intermittentes extrêmement brèves : pluie à Cherbourg, averse à Caen. Rappelons la définition de ces deux termes : on parle de pluie lorsque le diamètre des gouttes est inférieur à 2 mm et le plus souvent supérieur à 0,5, et d'averses lorsque le diamètre est compris entre 2 et 7 millimètres. Ces épisodes pluvieux sont beaucoup plus brefs à Cherbourg qu'à Caen. Le second front est caractérisé, à Cherbourg, par des cumulonimbus capillatus entraînant une pluie forte. Ces nuages venaient du Nord-Ouest et le vent au sol d'Ouest. A Caen, le passage du front s'est traduit par une averse.

Le traîne est fort active à Caen : vers 17 h.50, un orage provoque une averse de pluie et de grêle. A 18 h. à Caen, le ciel est encore couvert de cumulo-nimbus ; la visibilité est bonne, 6.000 mètres. A Cherbourg, il n'y a plus que des cumulus moins menaçants et la visibilité qui était tombée à 1.200 m² lors du passage du front atteint maintenant 15.000 mètres.

La comparaison des deux stations montre l'action différente des deux fronts :

- le premier est plus pluvieux à Cherbourg, le second à Caen (averses de durée plus longue, orage ...).

L'humidité relative confirme cette constatation : après le passage du premier front, l'humidité relative diminue dans de fortes proportions à Cherbourg (voir l'évolution de la

température du thermomètre mouillé) après le premier front ; elle reste à peu près constante à Caen. Les phénomènes convectifs sont beaucoup plus importants à Caen : averses et grêle. Peut-être trouve-t-on là une explication de la pluviosité plus forte par masse d'air arctique à Caen qu'à Cherbourg ? Cherbourg est trop proche de la mer pour que les phénomènes convectifs jouent à plein. A Caen, au contraire, l'effet du continent est important et provoque une ascendance plus grande de l'air (air venant de Nord-Ouest et de Nord), et l'air arctique est plus instable que l'air polaire. Les phénomènes convectifs deviendraient d'autant plus importants que l'on s'éloigne de la mer. Cela compenserait en partie la diminution de la pluviosité due à la continentalité. Cette hypothèse sera vérifiée ultérieurement.

La variation des vents est assez semblable dans les deux stations : vents de SW ou de WSW avant le premier front, vent d'Ouest entre les deux fronts, vent de Nord-Ouest après le second front. Au moment du passage des fronts, les vents ont été assez violents : vents de 20 m/s. Les vents sont dans l'ensemble plus forts avant le passage du front : appel d'air. Ceci est très net sur le croquis R p. 99, à Caen. C'est moins net à Cherbourg, quoique le vent le plus violent de la journée (28 m/s) se soit produit à 5 h.45.

L'évolution de la direction des vents est toujours semblable à celle que nous venons de décrire lorsque plusieurs fronts se suivent (liste des fronts froids R p. 111) : les vents ont une direction de plus en plus septentrionale.

Le sondage de Brest, R p. 98, le 27 Octobre à 12 heures, est beaucoup plus significatif en liaison avec la plus grande proximité des fronts. On voit nettement :

1°- jusqu'à 800 millibars, une masse d'air froid extrêmement instable ; le L.F.C. est beaucoup plus bas (849 mb.) ;

2°- de 800 à 650 millibars, une masse d'air un peu moins froid, un peu moins stable : la pente du sondage reste parallèle à l'adiabatique saturée ;

3°- jusqu'à 500 millibars, une masse d'air chaud stable, la pente du sondage est plus inclinée vers la droite que l'adiabatique sèche ;

4°- au-dessus, on retrouve la coulée froide d'altitude, à un niveau plus élevé qu'à Trappes : à Brest, le sondage est effectué 12 heures plus tôt, la pénétration de l'air froid n'est pas aussi importante. Cette masse d'air est très instable.

Il existe davantage de différences entre l'air polaire chaud et l'air polaire froid qu'entre les deux masses d'air polaire froid. D'autre part, l'instabilité est plus importante dans la dernière masse d'air, ce qui explique pourquoi les averses sont plus abondantes.

Le deuxième exemple est un peu différent : les passages des deux fronts froids sont nettement séparés ; le passage du premier n'apporte quasiment pas de pluie ; le front arctique n'engendre qu'une pluie très modérée. La situation, le 3 Février 1960, est, en effet, un peu différente (Voir R p. 100). La dépression située au Nord de la Grande-Bretagne est beaucoup moins creusée (975 millimètres). Les fronts viennent de l'Ouest. Les noyaux de variation de pression sont beaucoup plus faibles (R p. 101). En altitude, si la température de la coulée froide est encore plus froide, le gradient de pression est moindre, ce qui explique une circulation moins rapide.

Le refroidissement est moindre que dans l'exemple précédent : 2° au maximum entre les températures minima de la nuit du 2 au 3 et celles du 3 au 4 Février, 3° au plus pour les températures maxima (entre le 3 et le 4 Février). Le passage du front au sein de l'air polaire a apporté au plus 2 millimètres à Alençon, mais rien à Caen, Rouen ou la Hève. Le front arctique a provoqué 6 millimètres de pluie à Caen, mais rien à Rouen ou à la Hève.

Le croquis R p. 103 donne les détails sur l'influence de ces fronts : l'action du premier front sur les températures

est très faible et progressive. L'action du second front est nettement plus marquée. On retrouve une baisse importante : à Caen, 4°3 en 4 h.20 ; au moins 1°4 en 1 h.30 à Cherbourg. Dans cette dernière station, le passage du front arctique a empêché le maximum diurne de se produire à une heure normale. Le passage du front est plus tardif à Caen et se situe après l'heure moyenne du maximum de température ; aussi la baisse est-elle plus importante et le "crochet" n'apparaît pas.

La pluviosité est faible à Cherbourg lors du passage du front ; elle est inexistante à Caen lors du passage du premier front. La situation de la nébulosité à 18 heures donne une coupe des nuages :

	Traîne Cherbourg	Traîne Caen	Front La Hève	Avant le front Rouen
Nuages :	Cumulus et stratocumulus	stratocumulus		stratocumulus
	altocumulus	altocumulus		altostratus
	cirrus			
Base des nuages les plus abondants en mètres :	6.000	2.600	2.500	800
Nébulosité en octas :	7	8	8	8
Visibilité	10.000 m.	12.000	20.000	12.000

Le ciel est entièrement couvert avant, pendant et immédiatement après le passage du front, mais ces nuages ne sont pas redoutables. La visibilité est excellente. La base des principaux nuages est basse dans le secteur chaud (c'est ce que nous avions vu). Elle s'élève progressivement après le passage de ce front. Le passage de ce front n'entraîne pas de variation dans la direction des vents. Ce front est donc peu actif. Les écarts entre les passes d'air polaires sont peu importants dans cet exemple.

Le sondage de 0 heure le 4 Février a été effectué

quelque temps après le passage du front. Le front se situe environ à 800 millibars et il existe là quelques possibilités de pluie : les deux courbes d'état et de condensation se rapprochent et pendant quelque 200 millibars, la courbe d'état est parallèle à l'adiabatique saturée. L'air est donc instable. Ceci explique, par exemple, la pluie qui est tombée à Cherbourg lors du passage du front. Mais à la base, cet air est stable : la courbe d'état se situe à la droite de l'adiabatique saturée ; de même, au-dessus de 600 millibars, l'air est extrêmement stable.

La différence entre la masse d'air chaud et la masse d'air froid est pratiquement inexistante, à la différence de ce que nous avons pu constater le 27 Octobre. Si nous comparons, du reste, ces deux sondages, nous voyons le rôle faible joué par l'humidité relative ; l'air n'est jamais saturé. C'est la stabilité seule qui compte.

Le front arctique entraîne davantage de pluie ; à Caen en particulier, des averses se produisent (grêle). On retrouve les mêmes caractéristiques que dans l'exemple du 27 Octobre. Les deux fronts arctiques :

- engendrent de brefs épisodes pluvieux,
- donnent des averses à Caen mais de la pluie simplement à Cherbourg,
- entraînent de la grêle à Caen.

Le sondage du 5 Février (Cliché . . .) à Trappes après le passage du front arctique présente quelques différences avec celui de la veille :

1°- à la base, il n'existe plus d'inversion de température due au refroidissement nocturne ;

2°- la couche d'air froid est plus instable, mais son épaisseur est assez faible. Au-delà, elle est parallèle à l'adiabatique sèche et est, de ce fait, légèrement plus instable que la veille.

3°- il n'existe pas de couche froide instable en altitude comme le 27 Octobre.

Aussi comprend-on d'une part pourquoi le front arctique est plus pluvieux que le front au sein de l'air

polaire le 3 Février : il est plus instable à la base ; d'autre part, il apporte moins de pluie que le 27 Octobre car la couche instable est moins épaisse à la base et il n'existe pas de couche instable en altitude.

La nébulosité est légèrement différente le 4 par rapport au 3 Février : à Cherbourg, la nébulosité est de 5 octas (cumulo-nimbus) ; au Havre, le ciel est entièrement couvert par des fracto-stratus ou cumulo-fractus de mauvais temps et par des altostratus ou nimbostratus.

Les nuages sont plus menaçants.

La visibilité reste excellente.

La direction du vent a changé mais dans un sens semblable à celui du 27 Octobre : la direction de Sud-Ouest a été remplacée par une direction d'Ouest.

Il aurait été intéressant de trouver une corrélation entre la pluviosité et des éléments climatiques simples comme pour le front chaud. On pense tout naturellement à l'instabilité de l'air. Mais comment la mesurer ?

L'atmosphère liée au front froid est rarement saturée. Dans la presque totalité des cas, on peut reconnaître l'instabilité par une décroissance de la température supérieure à celle qu'entraîne la détente adiabatique sèche. Le gradient thermique vertical doit être inférieur au gradient adiabatique sec, c'est-à-dire inférieur à $-0^{\circ}98$ par 100 mètres. Dans les cas exceptionnels, où l'air était saturé, nous avons choisi $0^{\circ}5$ par 100 mètres. La méthode est assez longue et particulièrement décevante : les cas d'instabilité sont extrêmement rares. Il peut y avoir forte pluie sans que l'instabilité apparaisse. La corrélation est établie sur cinquante cas qui représentent les fronts de l'année

1958 (à quelques exceptions près dues à l'impossibilité d'isoler le front) entre la hauteur de la couche saturée et la quantité des précipitations. La première catégorie va jusqu'à 300 mètres pour éliminer l'influence perturbatrice du sol : Trappes est à 300 mètres ; le premier sondage utilisé est à 500 mètres.

Le tableau R p. 106 montre l'existence d'une corrélation entre ces deux facteurs qui atteint 0,50 alors que la valeur extrême réalisée par le hasard sans corrélation pour 50 paires de valeur est 0,36.

*
* *

IV- LES GROUPEMENTS DE FRONTS *****

Nous avons étudié jusqu'à présent le front froid et le front chaud sans tenir compte de leurs liens avec d'autres fronts. Le but de cette première étude était de découvrir les mécanismes des deux principaux types de perturbation. Cette deuxième partie doit mettre en valeur les rapports qui peuvent exister entre ces divers fronts.

L'étude va surtout porter sur les précipitations, c'est-à-dire l'élément qui varie le plus. La valeur des observations disponibles est très variable : elle dépend du nombre de cas qui sera toujours indiqué. Cette étude ne comprend pas la totalité des cas des trois années 1958-

1960. Il faut que les cas soient suffisamment nets pour qu'aucune confusion ne soit possible.

A)- Les fronts isolés

Moyenne des précipitations par cas

Fronts :	Chaud	Froid	Occlusion	Indéterminés
Nombre	3	28	7	4
Cherbourg	3,3	2,2	0,1	0
Pointe du Roc	2,3	0,9	2,4	0
Caen	2,3	2,4	2	0
Alençon	1	2,7	1,1	0
Hève	1,7	2	2,1	0
Rouen	0,7	2,1	1,7	0

Les fronts chauds isolés sont peu nombreux. Ils peuvent apporter une pluie parfois importante. Les différences de température paraissent assez semblables à ce qu'il a été dit pour les fronts chauds.

Les fronts froids isolés sont beaucoup plus nombreux. Ils marquent une discontinuité dans une traîne. Les précipitations sont légèrement inférieures à la moyenne de l'ensemble des fronts froids. Elles tombent souvent en hiver sous forme de neige. Remarquons la faible pluviosité notée à la Pointe du Roc. Les variations de température sont du même ordre que celles définies pour l'ensemble des fronts froids. Ces types de front sont surtout nombreux en hiver et au printemps où ils séparent généralement l'air arctique de l'air polaire.

Les occlusions isolées sont peu nombreuses et apportent des pluies comparables à celles des fronts froid et chaud. Notons la faible pluviosité de Cherbourg.

Les fronts indéterminés, très rares, sont secs. Les masses d'air s'équilibrent et n'exercent aucune action l'une sur l'autre.

Ces perturbations formées par un membre isolé provoquent peu de pluie. Leur action est un peu différente selon les stations.

8)- Les perturbations formées de plusieurs fronts

La place de la Normandie par rapport à l'ensemble de la perturbation peut être extrêmement variable. Si celle-ci passe très au Nord, notre région peut n'être traversée que par un front froid ou chaud, l'autre passant uniquement sur le Royaume-Uni. Si les deux fronts passent, ils sont alors très éloignés l'un de l'autre : au moins 24 heures (Croquis R p. 76). Si la trajectoire de la perturbation est plus proche, le secteur chaud est beaucoup plus réduit, les fronts vont passer à quelque 12 heures d'intervalle ; on ne peut plus distinguer l'action du secteur chaud (2ème catégorie).

Les fronts peuvent être si proches l'un de l'autre qu'il est impossible de les séparer. Il peut y avoir deux causes : le point double ou triple peut être très proche ou la perturbation peut être vieillie et l'air chaud a été presque entièrement rejeté en altitude (3ème catégorie).

1°- Un seul front passe.

Moyenne des précipitations par cas

	<u>Queue de front chaud</u>	<u>Front chaud</u>	<u>Front froid</u>
Nombre de cas :	7	18	16
Cherbourg	0,3	3,7	3,8
Pointe du Roc	0,4	2,6	1,5
Caen	0	1,2	1,8
Alençon	0	0,9	2,6
La Hève	0,1	2,9	0,8
Rouen	0	2,3	1

Dans le premier cas, le front chaud s'arrête au niveau de la Normandie ; les distinctions entre les masses d'air sont faibles et la pluviosité est inexistante, sauf sur les côtes.

L'apport du front chaud et du front froid reste modéré, mais le front chaud provoque davantage de pluie sur le bord des côtes, le front froid à l'intérieur. Ceci s'explique aisément : les précipitations liées au front chaud dépendent de la teneur en vapeur d'eau de la masse d'air : plus on va vers l'intérieur, plus celle-ci diminue. A l'exception de Cherbourg, les stations côtières sont moins arrosées lors du passage d'un front froid, car l'instabilité est plus faible sur la côte, l'air commence à peine à s'élever.

La hausse de température due au passage d'une queue de front représente environ la moitié de celle constatée lors du passage du front chaud : 0°6 contre 1°2 à Cherbourg. Ceci s'explique aisément.

Dans le premier cas, la Normandie se trouve à la limite de la différenciation des masses d'air, l'écart est

donc peu important. Dans le second, le front froid ne passant pas, notre région est bien alimentée en air chaud et la moyenne est légèrement supérieure à celle calculée pour l'ensemble des fronts chauds. Les cas étant peu nombreux, nous citons ces chiffres simplement à titre d'information. Le refroidissement lié au front froid ne diffère guère de la moyenne trouvée pour l'ensemble : 0°9.

2°- Les deux fronts passent.

a)- Le front chaud et le front froid sont suffisamment éloignés pour que le secteur chaud soit bien individualisé : 15 cas.

Moyenne des précipitations

	<u>Front chaud</u>	<u>Secteur chaud</u>	<u>Front froid</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	2,1 mm	0,7	1,8	4,6
Pointe du Roc	1,3	0,3	0,9	2,5
Caen	1	0,5	0,8	2,3
Alençon	0,6	0,7	0,9	2,2
La Hève	1,3	0,3	0,8	2,4
Rouen	1	1,6	1	3,6

b)- Le front chaud et le front froid sont trop près pour que le secteur chaud soit bien individualisé : 12 cas.

Moyenne des précipitations

	<u>Front chaud</u>	<u>Front froid</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	11,4	4,4	15,8
Pointe du Roc	5,1	2,4	7,5
Caen	4,6	1,8	6,4
Alençon	6,5	3	9,5
La Hève	6,1	3,3	9,4
Rouen	6,4	2,8	9,2

c)- Le front chaud et le front froid sont trop proches pour être distingués : 31 cas.

Moyenne des précipitations

	<u>Total</u>
Cherbourg	7,8
Pointe du Roc	3,6
Caen	3,1
Alençon	4,1
La Hève	3,2
Rouen	2,8

Quelles remarques pouvons-nous tirer de ces trois tableaux ?

1°- Cherbourg est toujours la station la plus arrosée.

2°- Les précipitations les plus fortes surviennent lorsque les fronts sont assez rapprochés, mais peuvent encore être différenciés. Un intervalle d'environ 12 heures les sépare. Dans ce cas, la forte pluviosité est essentiellement due au front chaud qui, dans toutes les stations, produit des précipitations supérieures à celles provoquées par le passage d'un front froid et d'un front chaud très rapprochés.

3°- Le front chaud est, dans la quasi-totalité des cas, le plus arrosé.

4°- Le secteur chaud est faiblement pluvieux et, dans ce cas, Cherbourg n'est pas la station la plus arrosée.

Les fronts sont peu dynamiques et apportent peu de pluie lorsque le secteur chaud est large (a). Le centre de la perturbation est souvent éloigné ; la circulation en altitude n'est pas rapide, et très fréquemment notre région se

trouve encore sous l'influence d'un anticyclone. L'exemple du 24, 25 Mars 1971 (R p. 119) va nous permettre cette étude. Certains exemples ont été choisis en 1971 lorsque nous avons collectionné des documents dans les stations météorologiques. La période 1958-1960 est conservée dans les archives tandis que les documents de l'année en cours sont immédiatement accessibles.

Le front chaud passe le 24 dans la matinée et le front froid le 25, à peu près à 24 heures d'intervalle ; un anticyclone s'étend le 24 jusqu'à la Normandie mais régresse le 25 sous l'influence de la perturbation. Une dépression, liée à la perturbation 17 c, s'étend au Sud de l'Islande et se déplace vers l'Est, en se comblant légèrement. En altitude, la Normandie est surmontée par de hautes pressions et de l'air chaud, conditions peu favorables à l'ascendance de l'air. D'autre part, la trajectoire de la perturbation est très éloignée de la Normandie (le centre des variations de pression se déplace de l'Islande à la Scandinavie : voie I). Le courant rapide se situe au niveau de l'Ecosse. Toutes ces raisons expliquent la faible pluviosité (R p. 120).

Regardons, en détail, comment se manifeste l'action de ces deux fronts : il y a assez peu d'écart entre les stations (R p. 121).

La pression baisse légèrement juste avant le passage du front chaud. Elle reste ensuite stationnaire dans le secteur chaud. La baisse principale précède immédiatement le passage du front froid. La remontée dans la traîne est

à peu près équivalente à ce qui s'est passé après la passage du front chaud. Il existe donc deux paliers séparés par une baisse de pression assez importante, se situant juste avant le front froid. Le front froid semble être plus actif dans ce cas précis.

L'évolution de la température est un peu différente à Cherbourg et à Caen. La montée de la température, due à l'arrivée du front chaud, est beaucoup plus brutale à Caen qu'à Cherbourg : le passage du front y est plus tardif et le réchauffement dû au front se produit à peu près au même moment que le réchauffement lié à l'évolution de la journée. On distingue cependant un maximum à deux têtes représentant le léger décalage entre ces deux moments. Le refroidissement dû à la nuit est à peine marqué ; on voit ainsi l'influence du secteur chaud. Le passage du front froid est très net : légère remontée de la température, suivie d'une chute brutale représentant 4 à 5° selon les stations. Cette baisse dure à peu près une heure. Tout se passe comme si une accumulation du froid suivait immédiatement le front. Les pluies à Caen, par exemple, tombent pendant cette période (R p. 122). Une remontée survient ensuite et annule pratiquement l'action du front froid, surtout à Cherbourg. L'humidité relative est beaucoup plus variable. Le réchauffement, lié au front chaud, entraîne une baisse de l'humidité relative, mais le front chaud par lui-même accroît la teneur de l'atmosphère en vapeur d'eau. Le 24 Mars à Caen, par exemple, l'humidité relative la plus faible s'observe en même temps que la pointe

liée au maximum diurne de température et non pas au moment de la température la plus forte causée par le front. Le crochet de température, accompagnant le front froid, entraîne une hausse correspondante, très nette, de l'humidité relative. Il n'y a pas de différence d'humidité relative entre secteur chaud et traîne. Peu de variation dans la direction des vents ni même dans leur force. Une seule exception au moment du passage du front : à Cherbourg, par exemple, une pointe de vent dépassant 15 m/s a été suivie par une brusque accalmie qui dura une demi-heure environ pendant laquelle le vent ne dépassa pas 7 m/s. Les différences de vitesse ou de direction des vents entre le secteur chaud sont peu importantes. Le vent, au fur et à mesure que la journée et la nuit s'écoulent, conserve plus rigide une direction Sud-Ouest. Au moment du passage du front, il prend une direction Ouest. Ce phénomène est plus net pour la journée du 25 car une perturbation beaucoup plus active arrive dans la nuit du 25 au 26.

Résumons les principaux aspects de la perturbation :

- peu de changements de temps durables,
- faible pluie : 2 mm au maximum en 36 heures,
- très légère baisse de pression,
- peu de changement dans la direction du vent.

Cette faible activité est due à la situation très marginale de la Normandie par rapport à la trajectoire de la perturbation. Les masses d'air à notre latitude sont faiblement différenciées. D'autre part, la lenteur du passage des fronts provient d'un faible gradient barométrique.

L'augmentation du gradient sur l'Angleterre et la Normandie explique la légère pluviosité du front froid. Une longue période séparant le passage du front chaud et du front froid est donc le plus souvent liée à une situation marginale ou à un flux très lent, deux éléments défavorables à l'activité d'une perturbation.

L'exemple du 23 Janvier 1971 est différent : les passages des deux fronts sont séparés par une douzaine d'heures environ (R p. 123-124). L'anticyclone est beaucoup plus au Sud. Une dépression très creusée, 955 millibars, se déplace vers l'Ecosse. Le gradient barométrique est beaucoup plus important. La pression sur la région est assez basse. La trajectoire de la perturbation est beaucoup plus méridionale. Cette perturbation, du reste, n'est pas simple : une ondulation se produit sur le front froid, ce qui montre le dynamisme des masses d'air en présence. En altitude, les isohypses les plus rapprochées se situent sur notre région marquant la rapidité la plus forte du courant.

Toutes ces causes expliquent pourquoi le front froid arrive très vite sur la France et pourquoi la pluie est importante. Comment cette active perturbation se manifeste-t-elle sur notre région ?

La baisse de pression est beaucoup plus accusée que dans l'exemple précédent (R, p. 125-126). Elle commence environ 12 heures avant le passage du front chaud. Puis un léger palier pendant quelques heures qui doivent correspondre au secteur chaud. Puis de nouveau, influence du front

froid. La baisse de pression est peut-être plus élevée pour le front chaud que pour le front froid. Mais c'est pendant le passage de celui-ci que la pression est la plus basse. La remontée qui le suit est extrêmement vigoureuse.

L'évolution des températures est nette, surtout dans les stations non côtières : hausse importante des températures après le passage du front chaud, palier pendant le secteur chaud, puis baisse importante juste après le passage du front froid. L'humidité relative varie selon les stations : le schéma théorique de l'évolution de l'humidité relative varie à l'inverse de la température : elle est forte la nuit et diminue pour atteindre son point le plus bas vers 14-15 heures (maximum de température). A Cherbourg, l'évolution est inverse : l'humidité relative augmente jusqu'à 6 heures, au moment du passage du front, et reste très élevée dans tout le secteur chaud, sauf pendant la dernière heure qui précède l'arrivée du front froid. Le passage de ce dernier est marqué par une augmentation brutale mais courte de l'humidité relative, puis une baisse importante dans la traîne malgré la diminution de la température. L'action de la perturbation a remplacé celle de la température.

A Caen, l'évolution est plus normale : variation de la température plus importante, moins de vapeur d'eau dans l'atmosphère puisque nous sommes déjà plus loin de la mer. Mais les passages des deux fronts, en particulier du front froid, correspondent à deux remontées très spectaculaires de l'humidité relative. L'on comprend très bien pourquoi

Cherbourg a reçu 21 mm. de 6 à 18 h. et Caen 3. Dans le premier cas, la pluie a été continue toute la journée (influence de la proximité de la mer, mais également du front qui a ondulé sur la Manche), alors que Caen a surtout été intéressé par le passage des deux fronts. Il est assez difficile, pour Cherbourg et La Pointe du Roc, de distinguer les apports du front chaud et du front froid, puisque le front froid passe peu après 18 heures. Pour les autres stations, c'est assez facile :

	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
Partie antérieure du front chaud	2	6	3	4
Front chaud et secteur chaud	3	8	4	6
Front froid	4	1	X	3
Traîne	1	2	X	T

Sauf à Caen, le front chaud a été partout plus actif que le front froid.

Pour les vents, le passage du front froid est intéressant à étudier : à Cherbourg, la direction change brutalement, elle passe du Sud à Ouest-Nord-Ouest, Ouest. La vitesse augmente progressivement, puis diminue au moment du passage du front, puis réaugmente pour atteindre les vitesses de 17 m/s. Dans la traîne, le vent est plus irrégulier dans le secteur chaud : les rafales sont nombreuses, mais la vitesse diminue progressivement. A Caen, le changement de direction est plus progressif. Le vent de Sud-Ouest passe à l'avant du front froid d'abord :

Sud-Sud-Ouest de 26 à 18 heures
puis Sud-Ouest de 18 à 20 heures
Ouest de 20 à 23 heures
dans la traîne Ouest - Sud-Ouest après 23 heures.

La vitesse du vent dans le secteur chaud varie de 9 à 20 mètres/seconde ; après 16 heures, elle augmente ; des pointes atteignent 27 mètres/seconde un peu avant 20 heures. Puis la vitesse diminue progressivement (malgré deux ou trois rafales plus violentes). Le front passe vers 20 heures.

Deux fronts actifs expliquent cette forte pluviosité. Les masses d'air sont très contrastées. Le passage des fronts (surtout du front froid) exerce donc une action durable sur les températures. Le dynamisme de la perturbation joue à plein : proximité de la trajectoire, baisse de pression importante, circulation rapide en altitude.

Lorsque les fronts froid et chaud sont très rapprochés, la pluviosité diminue par rapport au cas précédent. Comment peut-on expliquer ce fait ? Le 27 Mai 1971 (R, p. 127, 128, 129), un front chaud et un front froid passent à quelques heures d'intervalle à Cherbourg. Cet intervalle diminue rapidement sur la Normandie orientale où le front est occlus. Une dépression 03 (990 mb), centrée le matin au Nord de l'Ecosse, correspond en altitude à une dépression et à une goutte froide. L'anticyclone atlantique se prolonge au Nord par une dorsale en voie d'affaiblissement qui dirige sur la Normandie un flux de Nord-Nord-Ouest. La perturba-

tion n'est guère dynamique ; le noyau de variation de pression en 24 heures marque une baisse de - X le matin et de - V le soir : ceci souligne la perte d'activité de la perturbation à mesure que l'air chaud est rejeté en altitude. C'est un exemple de perturbation en cours de vieillissement. Les pluies sont faibles : 3 mm à Caen, à Cherbourg. La baisse de pression est médiocre et à peu près régulière jusqu'à l'arrivée du front froid. Dans l'une et l'autre station, il est très difficile de distinguer le front chaud du front froid (R, p. 130-131) : relèvement brutal de la température suivi d'une succession de baisses et de hausses. La baisse la plus nette est enregistrée bien après le passage du front froid. A Cherbourg, les deux hausses de l'humidité relative semblent correspondre au passage des fronts. Après le front froid, il faut noter une baisse brutale de l'humidité, phénomène fréquent dans l'air froid postérieur. A Caen, le front chaud passe sans doute vers 10-11 heures ; cela correspond à la petite remontée au milieu du creux dû à l'élévation de la température. Par contre, l'arrivée du front froid entraîne une nette remontée de l'humidité relative suivie, comme à Cherbourg, de la baisse postérieure au passage du front. La comparaison des deux courbes, température et humidité relative, souligne un phénomène un peu particulier : le refroidissement survient deux ou trois heures après le passage du front. Tout se passe comme si l'air chaud étant très peu dense, il y avait un mélange important des deux masses d'air au lieu d'une "muraille froide" habituelle (symbolisée par le petit crochet froid). Cet exemple de

fronts chaud et froid rapprochés du fait du vieillissement de la perturbation, du peu d'activité de celle-ci, fait apparaître de nouveaux problèmes touchant essentiellement le degré de maturité de la perturbation. Nous y engloberons également l'analyse des points double et triple.

C)- Les divers aspects du vieillissement d'une perturbation.

Nous inclurons dans ce chapitre l'étude du point double à titre de comparaison avec le point triple.

Examinons d'abord les précipitations, comme nous l'avons fait déjà précédemment.

Moyenne des précipitations par cas

	<u>Point double</u>	<u>Point triple</u>	<u>Occlusion liée à une perturbation</u>
Cherbourg	2	7	5,7
Pointe du Roc	2	3,6	3,9
Caen	3,3	2,9	3,5
Alençon	4,5	7,8	6
La Hève	3,7	3,4	3,6
Rouen	4,3	3,8	4,1
Nombre de cas	6	17	47

La valeur de ces trois séries est très diverse :

1°- Il y a peu de points doubles qui passent sur la Normandie. Ce qui frappe, c'est la faible pluviosité de Cherbourg. Les stations continentales reçoivent davantage de pluie.

2°- Un point commun à ces trois séries : Alençon est la station la plus arrosée.

3°- La pluviosité est assez voisine, lorsque les fronts sont très rapprochés ou qu'un point triple ou une occlusion

passé (sauf à Cherbourg qui est de moins en moins arrosé et à Alençon où l'évolution est contraire).

Dans la répartition des précipitations en fonction des pluies, on voit nettement l'influence de la latitude : Cherbourg a toujours été jusqu'à présent la station la plus pluvieuse pour plusieurs raisons :

- situation géographique à l'extrémité d'une presqu'île,
- proximité de la trajectoire qui passe généralement sur le Royaume-Uni,
- proximité des basses pressions situées généralement au Nord.

A partir du moment où le point triple traverse la Normandie, les conditions s'inversent :

- Cherbourg est de plus en plus éloigné du centre de la perturbation qui passe de plus en plus au Sud ;
- le point triple est parfois accompagné d'une dépression qui s'étend alors sur toute la Normandie. Ce phénomène se produit également de temps à autre avec le passage d'une occlusion. Cherbourg n'est pas mieux placé que les autres stations.

- la proportion de l'air arctique est plus importante : sur les 10 points triples qui passent à Cherbourg (les autres traversent la Normandie plus au Sud), 5 ont une masse d'air arctique ; on se souvient que Cherbourg reçoit moins de pluie dans l'air arctique que dans l'air polaire. Les 5 points triples formés en partie d'air arctique ont une pluviosité moyenne de 6,4 mm à Cherbourg et 5,2 mm à Caen, les fronts uniquement dans l'air polaire :

9,4 mm

et 5,4 mm.

Si on considère seulement les points triples passant par les deux stations, les chiffres sont beaucoup plus élevés :

8 mm. à Cherbourg pour 10 cas

5,2 mm. à Caen pour 9 cas.

Une seule station, Alençon, subit l'influence de tous les points ou des deux fronts, chaud et froid, extrêmement rapprochés.

Toutes ces raisons expliquent la différence de pluviosité des stations selon qu'elles sont atteintes par des fronts très rapprochés, des points triples, des occlusions.

Comme pour les fronts chauds ou froids, nous allons essayer de détecter les causes de la plus ou moins forte pluviosité.

Première remarque : L'extrême variabilité, d'une station à une autre, de la pluviosité, atteint son maximum dans les cas des points triples. Uniquement pour les six stations les plus importantes de Normandie à cette époque (voir la liste relevée précédemment), 1 fois sur 10 la pluviosité varie de 0 à 10 millimètres ou plus pour les fronts rapprochés et les occlusions, et 2 fois sur 10 pour les points triples. Ces chiffres s'élèvent à 3, 4 et plus de 6 fois sur 10 si l'on considère une différence d'au moins 8 mm entre la station la moins arrosée et celle qui est la plus arrosée. Si l'on envisage la totalité des stations normandes, les écarts seraient encore beaucoup plus importants. C'est une question qu'il faudra résoudre : pourquoi la pluviosité varie-t-elle d'une façon aussi importante d'un endroit à

l'autre de la Normandie ? L'étude des B.Q.E. correspondant à ces cas a permis de mettre en valeur comme facteurs généra-teurs de pluie plusieurs éléments :

- une dépression sur la région ou à proximité immédiate de la région,
- un effet de blocage,
- une circulation rapide.

1°- Lorsque les fronts sont très rapprochés, ces facteurs jouant un rôle moins important que pour les autres types : la présence d'une dépression est rare. Si l'on examine les cas où la pluviosité est égale ou supérieure à 5 millimètres au moins dans une des six stations, on trouve :

dans 69 % des cas une circulation rapide

54 % un effet de blocage.

Si aucune de ces deux conditions n'est réalisée, 75 % des cas ont une pluviosité inférieure ou égale à 2 mm au maximum, dans les six stations.

Ces chiffres ne sont cités qu'à titre indicatif, uniquement pour indiquer un ordre de grandeur. Le nombre de cas n'est pas assez important.

2°- Le point triple est très fréquemment accompagné par une dépression. Les phénomènes d'ascendance sont, à ce point, souvent importants et entraînent une baisse de pression au sol. 63 % des cas où la pluviosité est supérieure, au moins dans une des six stations, à 5 mm, sont liés à la présence d'une dépression soit sur la région, soit à proximité immédiate : Bretagne ou Manche. Dans tous

les cas, une station au moins a plus de 5 mm.

Les autres cas de forte pluviosité sont liés pour :

- 26 % des cas à un blocage (présence d'un anticyclone au sol ou d'une dorsale anticyclonique chaude en altitude), gênant la progression de la perturbation.

- 11 % des cas, uniquement à une circulation rapide.

Dans un autre cas, la pluviosité est supérieure à 4 mm.

3°- Dans les occlusions, 44 % des cas où la pluviosité est égale ou supérieure à 5 mm, il y a une dépression. En effet, la dépression se forme au point triple, mais très souvent elle s'accompagne avec un certain retard l'avance du point triple et se trouve en arrière et au Nord de celui-ci (Croquis R, p. 134).

Comme pour le point triple, lorsqu'il y a une dépression, au moins une des six stations a une pluviosité égale ou supérieure à 5 mm.

Le blocage de l'occlusion entraîne 32 % des fortes pluies. 12 % sont liés au déplacement de l'occlusion parallèlement aux isobares pendant une certaine durée. C'est le plus souvent Cherbourg qui est arrosé lorsque ce phénomène se produit. L'occlusion se déplace ainsi parallèlement à elle-même (Croquis R, p. 134).

4 % des cas sont dus uniquement à une circulation rapide. Cette dernière joue beaucoup moins pour les occlusions. Un cas sur 2 seulement a une pluviosité supérieure à 4 mm au moins dans une des six stations. Cela s'explique assez facilement : lorsque la circulation est rapide, le

front froid rattrape le front chaud et l'air chaud est expulsé avec vigueur vers le haut sous l'effet de cette tenaille qui se referme brutalement. Dans le cas de l'occlusion, il n'y a pas d'air chaud au sol, le phénomène dégénère progressivement en altitude. Un autre point qu'il faut écarter est la proximité du point triple. Cela n'intervient aucunement dans la pluviosité.

En résumé, les phénomènes favorables au rejet de l'air chaud en altitude favorisent la pluviosité : circulation rapide et blocage. L'influence du premier va en diminuant avec l'expulsion de l'air chaud en altitude, l'influence du second phénomène paraît se continuer davantage car le blocage se produit aussi en altitude ; d'autre part, la perturbation affaiblie a tendance à se maintenir sur place ou à se déplacer parallèlement aux isobares.

L'influence de la dépression née de l'activité de la perturbation joue un très grand rôle dans la pluviosité du point triple et de l'occlusion. Très fréquemment, son activité a été régénérée ou développée par la présence d'une coulée froide ou d'une goutte froide sur le proche Océan. Il arrive parfois qu'une goutte froide, issue d'une coulée Nord-Sud, se superpose à une dépression liée à une perturbation, la renforce et la coiffe d'une dépression en altitude : l'ascendance de l'air se fait désormais sur toute l'épaisseur de la masse d'air et non plus simplement à proximité du sol.

Le point double, lui, n'est presque jamais accompagné d'une dépression, l'effet de tenaille y est extrêmement faible car il prend naissance sur un front. C'est pour cela qu'il provoque peu de pluie. Il faut finalement que les fronts soient suffisamment rapprochés pour que l'effet de tenaille se fasse sentir et favorise les phénomènes d'ascendance. Ceci ne se fait sentir qu'avec les cas de 2ème catégorie (R, p. 76). Les contrastes de masse d'air sont alors suffisants. L'air chaud, très humide, est encore abondant. L'effet de tenaille l'oblige à s'élever avec vigueur et les phénomènes de condensation jouent au maximum. Ensuite, progressivement, l'air chaud se raréfie au sol, et si l'influence de la dépression ne s'ajoutait pas, la pluviosité irait en diminuant.

Quelques exemples permettront de voir concrètement ce processus. Le 6 Avril 1959 et le 30 Octobre 1959 (R p. 135-136), à 18 heures, la situation est assez semblable : les fronts ont une position équivalente. La pression qui règne sur la Normandie est légèrement plus basse le 6 Avril que le 30 Octobre. La dépression D9 le 4 Avril est plus creusée (975 millibars), mais elle est plus éloignée que la dépression du 30 Octobre. L'anticyclone A7 atteint 1030 millibars (A5 1025 mb), mais est centré légèrement plus à l'Ouest. Le gradient barométrique est donc plus élevé le 6 Avril, mais la France se trouve au Sud de la région où la diminution de pression est la plus forte. Les masses d'air sont équivalentes, mais la perturbation 19 C gagnera sans

obstacle la Méditerranée tandis que la perturbation 45 b est arrêtée par une dorsale qui s'étend de l'Espagne aux Alpes. La circulation en altitude est différente : la circulation est beaucoup plus rapide le 6 Avril que le 30 Octobre. La dorsale chaude atlantique est plus vigoureuse le 30 Octobre que le 6 Avril. Deux différences apparaissent :

- 1°- une vallée recouvre l'Europe centrale le 30 Octobre,
- 2°- le flux d'altitude le plus rapide se produit au-dessus de l'Ecosse le 6 Avril et sur le Cotentin le 30 Octobre.

Enfin, les noyaux de variation de pression (R, p. 137) se déplacent du Nord-Ouest vers le Sud-Ouest ; ils sont plus creusés le 6 Avril (- XXV au lieu de - V), mais le déplacement se produit sur l'Europe centrale et non sur la Normandie. La baisse à Cherbourg atteint - XV au lieu de - V le 30 Octobre.

Il semble a priori que le 6 Avril ait des conditions plus favorables à une forte pluviosité :

- pression plus basse et plus fort gradient,
- perturbation plus active.

Ce jour-là, la pluviosité (R, p. 138) la plus forte n'a pas dépassé 3 mm (Rouen) en 24 heures. Le 30 Octobre, pendant le même laps de temps, il est tombé 18 mm à la Pointe du Roc, 14 mm à Cherbourg, 7 à Alençon, 4 à Caen et à La Hève, 3 à Rouen.

L'étude des sondages est très significative. Nous avons choisi dans les deux cas le sondage de Trappes de

12 h T.U. qui a été effectué avant le passage du front chaud, et celui de Bordeaux à 0 heure la nuit suivante, avant le passage du front chaud le 5 Avril, ou juste au moment du passage le 30-31 Octobre (R p. 139-140).

Nous avons choisi Bordeaux qui présente des conditions plus semblables à celle de Cherbourg que Trappes, plus proche de Rouen. Le fait le plus marquant, c'est l'instabilité plus forte de la masse d'air chaud le 30 Octobre, surtout dans les basses couches de 950 à 800 millibars à Bordeaux. Pourquoi ? Le 6 Avril, en altitude, le flux est entraîné facilement le long de la vallée à 500 mb. Or, au sol, la petite dorsale anticyclonique forme un obstacle contre lequel bute le front chaud qui est rattrapé assez vite par le front froid. Sur le B.J.E., le 7 à 6 heures du matin, le secteur chaud a la même importance que la veille à 18 heures. Le 31 Octobre, au contraire, le secteur a presque complètement disparu. L'effet de tenaille a joué. Ceci nous explique l'instabilité plus grande de l'air chaud. Le phénomène a joué surtout à Cherbourg ou à Bordeaux : la dorsale, plus proche de l'Atlantique, formait un obstacle plus important qu'à Trappes ; d'autre part, le flux le plus rapide en altitude était à ce niveau, accélérant la poussée de l'air froid et de ce fait l'ascendance de l'air chaud. Le point triple, de ce fait, s'est rapproché de notre région.

L'exemple du 10 Août (R, p. 141, 142, 143, 144) montre la deuxième cause favorable à une forte pluviosité : l'existence d'une dépression. Le 10 Août, à 18 heures, une

perturbation formées d'un front chaud, d'un front froid, d'une occlusion, aborde la Bretagne. Elle est renforcée par une dépression D4 1005 millibars, juste au point triple et en arrière. Cette dépression est liée à la perturbation ; elle n'apparaît absolument pas dans la situation en altitude. Cette perturbation se déplace lentement vers l'Est, suivie par la dépression qui se creuse 1.000 millibars le 11 à 6 heures. Le 11 à 18 heures, la perturbation a traversé la Normandie. La dépression, par contre, y séjourne encore ; elle a abandonné le point triple et se situe maintenant à l'extrémité de l'occlusion. Pourquoi cette évolution ? La situation en altitude le 11 Août à 12 heures montre une coulée froide liée à une vallée d'altitude. Cette coulée froide a renforcé la dépression. Les précipitations sont extrêmement importantes même dans les stations qui sont éloignées du point triple.

Les masses d'air sont très contrastées et le passage de la perturbation a entraîné un refroidissement important. Les températures minima ont baissé de 2°, et les températures maxima de 3 à 4° en moyenne.

L'étude des températures sera plus sommaire. La méthode utilisée sera la même que pour l'étude des fronts : on tiendra compte de l'heure de passage du front.

Dans les cas des fronts très rapprochés, la température est assez semblable à celle obtenue pour les fronts très nettement distincts :

- Pour 45 cas à Cherbourg, la différence de température

avant le passage du front et après le passage (relevés séparés par 3 h) s'établit ainsi :

Front chaud + 1°, chiffre exactement semblable à celui trouvé pour la moyenne des fronts chauds nettement séparés.

Front froid - 0°6 au lieu de 0°9. C'est surtout l'hiver que la baisse due au passage du front est faible.

Dans 69 % des cas, le réchauffement dû au front chaud a été supérieur au refroidissement dû au front froid. N'oublions pas, en effet, que la différence de température est légèrement plus forte lors du passage d'un front chaud.

Treize points doubles ou triples amènent en moyenne un réchauffement de température de 0°8. 77 % ont entraîné un réchauffement, 23 % un refroidissement. Ceci peut paraître étrange si l'on considère que l'air chaud n'intervient plus au sol. Cela permettrait de supposer que l'air froid postérieur est plus chaud que l'air froid antérieur. Nous allons examiner avec attention ces treize cas :

21 Janvier 1958 : Point double lié à une petite dépression : neige + 0°2, augmentation insignifiante immédiatement : la présence de la dépression amène sur la région un air localisé sur la Manche, donc au moins aussi chaud que l'air du secteur chaud (arctique maritime évolué qui s'est déjà refroidi en traversant la Bretagne). Dès que l'influence de la dépression disparaît, le refroidissement est intense (air arctique maritime froid). Les températures, dans la nuit, baissent de 0 à 3° (Caen) par rapport à la nuit précédente. Ce point double joue le rôle de front froid.

7 Février 1958 : Augmentation très importante de la température : 4°9 dans les trois heures. A l'exception de Rouen, les températures minima augmentent de 6 à 8° en 24

heures. Les précipitations tombent sous forme de neige. A l'origine, un petit anticyclone est centré sur l'Est de la Normandie et le Bassin parisien (air arctique maritime froid). La formation du point triple s'explique du reste par ce blocage. Le passage du point triple balaie l'anticyclone et permet la substitution d'un air polaire maritime océanique doux à un air froid continental.

8 Février 1958 : Point double ; aucun changement ne se produit dans la masse d'air : - 0°1.

3-4 Janvier 1959 : Point double venant de Nord-Ouest. L'air postérieur vient directement du Nord et est nettement plus froid que l'air antérieur : refroidissement - 1°1 en trois heures. Les minima de température baissent de 0 à 2°. Les maxima de 1 à 2° (Alençon). La température à la Pointe du Roc augmente de 1°.

Le 15 Avril 1960 : Passage d'un point double. Le réchauffement est très bref : + 1°1. L'anticyclone règne sur l'Europe. Le passage du point double entraîne une faible intrusion d'air maritime. Mais l'influence anticyclonique se fait sentir de nouveau. Si le point double était passé dans la journée, il est probable qu'un refroidissement se serait produit à la place du réchauffement. La nébulosité et les précipitations auraient empêché l'augmentation de température, liée à une forte insolation. Le rôle d'obstacle joué par l'anticyclone explique les fortes pluies.

Le 15 Mai 1960 : Une perturbation (point triple) venant de Sud-Ouest traverse une zone de marais barométrique (pression supérieure à 1015 millibars). Le point triple passe dans la nuit sur la majeure partie de la Normandie : réchauffement de 0°6 à trois heures. Les minima, par rapport à la veille, ont augmenté de 0 à 5°. Les maxima, par contre, seront en baisse (0 à 8°). Le phénomène est comparable à celui du cas précédent.

Le 23 Juillet 1958 : L'Europe est recouverte d'un air maritime froid. Un point triple arrive. L'air polaire

maritime froid postérieur a fait un assez long trajet maritime, mais à des latitudes assez basses. L'occlusion qui traverse l'Angleterre empêche l'arrivée de l'air arctique maritime froid sur la région : + 0°2.

Le 26 Juin 1959 : Une perturbation est gênée par un col barométrique existant sur l'Europe de l'Ouest ; elle s'occlut très rapidement. Le passage du point triple entraîne une augmentation de température : + 1° pour les mêmes raisons que précédemment : passage au cours de la nuit, couvercle nuageux, arrivée d'un air maritime plus chaud la nuit qu'un air continental. Dans la partie de Normandie traversée la nuit par le point triple, les minima sont plus élevés que la veille ; dans la partie orientale, non encore atteinte par l'occlusion, les températures sont plus basses que la veille. Dans la journée, au contraire, les températures maxima sont inférieures à la veille.

Le 11 Août 1960 : C'est le point triple que nous avons étudié dans les pages précédentes : - 0°6 en 3 heures. Il n'y a pas d'anticyclone qui fait obstacle.

Le 4 Novembre 1958 : Un anticyclone peu important s'étend sur la France et forme obstacle. Une perturbation arrive, s'occlut rapidement. Le point triple passe sur la Normandie. Le blocage est tel qu'il ne reste bientôt plus qu'une occlusion. Peu de variation de température : + 0°2 à Cherbourg dans les trois heures. Le point triple passe dans la journée. Selon les stations, la température maximum augmente ou diminue d'un degré en 24 heures.

Le 12 Novembre 1958 : Un col barométrique recouvre le Bassin de Paris, provoquant la formation d'un point triple qui ne se déplace que très lentement vers l'Est. L'augmentation de température à Cherbourg atteint + 1°8. La faible vitesse de la perturbation permet de bien noter le réchauffement qu'elle provoque. Vers 18 heures, le point triple est aux environs de Caen. Seules, les stations occidentales de la Normandie sont touchées par la perturbation.

L'accroissement des températures maxima (par rapport à la veille) s'établit ainsi :

Cherbourg	+ 2°
Pointe du Roc	+ 2°
Caen	- 2°
Alençon	- 2°
La Hève	0°
Rouen	- 3°

Ces quatre dernières stations n'ont pas subi l'influence du passage du point triple, qui passe dans la nuit.

L'accroissement des températures minima par rapport à la veille devient uniforme sur toute la Normandie :

Cherbourg	+ 3°
Pointe du Roc	+ 3°
Caen	+ 2°
Alençon	+ 3°
La Hève	0°
Rouen	+ 6°

Le passage du point triple a permis le remplacement d'un air continental plus froid par un air maritime plus doux.

Le 10 Novembre 1960 : Le réchauffement à Cherbourg atteint en trois heures + 0°8. Il est plus difficile dans ce cas de chiffrer l'augmentation de température. L'Europe centrale et orientale est recouverte par des hautes pressions qui forment obstacle. Une première occlusion traverse la Normandie pendant la nuit. Elle est suivie par une perturbation qui s'occlut rapidement.

Le point triple traverse la région dans la matinée. L'augmentation des températures maxima due au passage de l'occlusion et du point triple est importante :

Cherbourg	+ 4°
Pointe du Roc	+ 5°
Caen	+ 6°
Alençon	+ 3°
La Hève	+ 5°
Rouen	+ 5°

Le 27 Novembre 1960 : Ce jour-là, il n'existe aucune forme de blocage. Dans la nuit du 26 au 27, une perturbation à trajectoire très méridionale traverse la région. Le point triple est accompagné d'une dépression qui envoie, comme le 21 Janvier 1958, pendant un bref moment, de l'air maritime sur Cherbourg. D'où un réchauffement, dans les trois heures, de 1°6, suivi d'un refroidissement car désormais l'air vient du Nord. La baisse des températures minima ne dépasse pas 1°, celle des températures maxima en 24 h. 3°.

La revue systématique de ces points doubles ou triples permet de dégager un certain nombre de conclusions :

1°- Normalement, le passage d'un point double, triple, ou d'une occlusion devrait provoquer un refroidissement.

2°- Ce refroidissement se produit assez rarement lors du passage d'un point double ou triple, car celui-ci est le plus souvent engendré par la présence sur l'Europe d'un anticyclone qui forme un obstacle contre lequel butent les perturbations. Le passage du point triple permet alors la substitution d'un air maritime à un air continental généralement assez froid en Normandie. Ce phénomène existe également pour les occlusions. Mais il est moins fréquent.

Pourcentage des occlusions provoquant

	<u>Un refroidissement</u>	<u>Un réchauffement</u>
Hiver	65 %	35 %
Printemps	46 %	46 %
Eté	67 %	33 %
Automne	50 %	43 %

Plutôt que de faire une moyenne valable pour les deux types d'occlusion, nous avons préféré étudier séparément celles qui provoquent un refroidissement et celles qui, au contrai-

re, favorisent le réchauffement.

Différence de température en trois heures (on a tenu compte de l'heure de passage) lors du passage d'une occlusion provoquant :

	<u>Un refroidissement</u>	<u>Un réchauffement</u>
Hiver	- 1°1	+ 1°1
Printemps	- 0°8	+ 1°2
Eté	- 1°	+ 0°8
Automne	- 1°1	+ 1°1

Les deux séries sont nettement tranchées. L'occlusion peut permettre la substitution de l'air océanique à l'air continental et entraîne alors un réchauffement.

L'exemple du 28 Juin 1971 (R p. 145, 146, 147, 148) permettra concrètement de voir comment se fait sentir le passage d'un point triple sur une station.

Un point double accompagné d'une dépression D8 traverse pendant la nuit la Normandie occidentale. Le point double passe exactement par Cherbourg, un peu avant 3 heures. A partir de minuit, une baisse brutale de pression se fait sentir qui atteint son point le plus bas vers 3 heures. Après le passage de la dépression, la remontée est brutale. La température commence à augmenter de minuit à trois heures un quart environ ; puis, chute brutale de température. Sans doute, le point double ne passe pas exactement sur Cherbourg mais légèrement au Nord. L'humidité relative est très forte pendant trois heures. Cherbourg, cette nuit-là, a reçu 19 millimètres de pluie. Les pluies en Normandie décroissent du Nord au Sud, dans l'ensemble. A Rouen Boos, il est tombé 7,8 mm en 6 h.30, et 2,5 mm à Evreux. A Caen, on a noté 3 mm avec deux pointes de pluie, l'une à 0 h.15 correspondant au passage du front chaud, l'autre vers 4 h., correspondant au passage du front froid. Cette dernière est

suiwie d'une serie de petites aversees (influence de la traine et de la depression). L'evolution de la vitesse du vent est assez caracteristique. Tres faible avant 23 h.30, elle augmente tres rapidement pour atteindre plus de 13 m/s vers 4 h.30. Un changement important de direction se produit entre 4 et 7 h. De Sud-Sud-Ouest, le vent se met à souffler du Nord. Ce changement est progressif et correspond certainement au passage de la depression. Ce vent fort semble se situer lors du passage de la convergence formée par l'air venant de la depression et celui suivant les isobares derriere le front froid. Ce maximum se produit à :

Cherbourg vers 4 h.30

La Hève 8 h.05 direction Nord-Nord-Est vitesse 23 m/s

Evreux 9 h.35 Ouest " 16 m/s

Rouen Boos 9 h.47 Nord-Nord-Ouest " 18 m/s

Si l'on considère ces trois dernières stations, on peut remarquer que la direction du vent suit la direction des isobares de la partie arriere de la depression, en fonction de la latitude :

Région Nord : direction Nord-Nord-Est

Région centre " Nord-Nord-Ouest

Région Sud : " Ouest

Cet exemple montre l'importance de la situation par rapport à la depression et à la perturbation.

D)- Cas particuliers

Avant de terminer cette étude sur les perturbations, nous allons étudier trois cas un peu particuliers :

- les perturbations emboîtées,
- les zones de liaison,
- les fronts stationnaires.

1)- Les perturbations emboîtées

Pour ces cas où il a été possible de bien distinguer l'action de chaque membre de la perturbation, nous avons étudié la pluviosité :

	<u>1er front chaud</u>	<u>2ème front chaud</u>	<u>1er front froid</u>	<u>2ème f.f.</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	1 mm	2,3 mm	3,8 mm	0	7,1
Pointe du Roc	1 mm	2	6,3	-	9,3
Caen	0,3	6,3	8,3	2,5	17,1
Alençon	1	7,5	4,3	2,8	15,6
La Hève	-	3,8	4,5	2,5	11,8
Rouen	-	1,3	4,8	1,5	7,6

Les cas sont trop peu nombreux pour que l'on puisse comparer entre elles les diverses stations. En Normandie, c'est la perturbation la plus méridionale qui est la plus active : air plus chaud, plus capable de contenir une forte humidité. Le premier front froid est presque toujours le plus arrosé (sauf à Alençon).

L'exemple du 19-20 Juin 1958 (R, p. 149-153) est très caractéristique :

Une perturbation méridionale alimentée par de l'air tropical maritime s'encastre dans le secteur chaud formé d'air polaire maritime chaud d'une perturbation plus septentrionale. On voit très nettement la perturbation interne être le facteur le plus important : son secteur chaud diminue alors que les distances entre les deux fronts chauds ou les deux fronts froids restent équivalentes. Elle finira par disparaître (S.Q.E. du 20 Juin à 18 h.). La perturbation externe ne constitue qu'une sorte de discontinuité à l'avant et à l'arrière de la perturbation interne sans grande influence. Le passage du premier front chaud ne provoque que 0,1 ou 2 mm. Une exception, Alençon : 11 mm. La perturbation interne entraîne des chutes de pluie importan-

tes de 11 à 22 mm. Le deuxième front froid donne, au plus, un millimètre de pluie.

Les températures maxima sont très légèrement inférieures à la normale 1931-1930 malgré la très forte pluviosité. L'étude des sondages à Brest (R, p. 154) est extrêmement intéressante.

- Le 18 Juin à 23 heures, nous sommes dans l'air froid antérieur ; la limite entre les deux fronts n'est pas très nette. On aurait plutôt l'impression d'une série de discontinuités. La limite entre l'air polaire maritime froid et l'air polaire maritime chaud est assez nette. Cet air polaire maritime chaud ne peut guère donner beaucoup de pluie car il est assez sec. Par contre, il est remarquable de voir l'augmentation de l'humidité relative avec l'altitude ; l'air tropical maritime est beaucoup plus humide.

- Le 19 Juin à 11 h., Brest se trouve entre les deux fronts chauds. L'humidité de l'air polaire maritime chaud n'est que de 76 %. Donc, les risques de pluie sont assez médiocres. Mais la masse n'est pas aussi stable que l'air tropical.

- Le 19 Juin à 23 h., le front froid passe. L'épaisseur de la couche saturée est remarquable : à 600 millibars, l'humidité relative est encore de 93 %. On comprend dans ces conditions pourquoi la pluviosité a été si forte pendant le passage de la perturbation interne.

- Le 20 Juin à 11 h., le dernier front froid est passé. L'élément important est la vigueur du refroidissement qu'il apporte. Le premier front froid n'apparaît plus guère en altitude que par un renforcement de l'humidité relative. On retrouve la couche d'air tropical à partir de 600 millibars. Notons l'influence de la coulée froide que nous voyons sur la carte de 500 millibars le 20 à 12 heures, et qui renforce l'instabilité de la couche en altitude.

En résumé, dans ce cas précis, l'élément déterminant est la couche d'air polaire maritime froid. Elle soulève

l'air polaire maritime chaud et l'air tropical. C'est cet air tropical chaud, humide, qui provoque les pluies. Pour cette raison, la perturbation interne est la plus pluvieuse. Les poussées des deux fronts froids s'ajoutent et le soulèvement de l'air tropical est fort. Ceci explique pourquoi ce type de perturbation complexe provoque plus de pluie que n'importe quelle autre perturbation.

2)- Les zones de liaison

La pluviosité dépend de la forme qu'elles revêtent.

Quantité des précipitations
selon l'aspect de la zone de liaison

	<u>Front chaud</u>	<u>Front froid</u>	<u>Occlusion</u>
Nombre de cas :	3	49	3
Cherbourg	2 mm	1,8 mm	
Pointe du Roc	4,3 mm	1,2	
Caen	1,3	1,7	
Alençon	6,7	1,2	
La Hève	2	1,4	
Rouen	4	0,8	

Par leurs caractères, les zones de liaison rappellent beaucoup les fronts froids. Les pluies sont du même ordre de grandeur que celles recueillies lors du passage d'un front froid isolé. Le dynamisme du front est médiocre.

Si l'on reprend l'exemple du 16 Juillet (R, p. 155-156), l'influence du front se marque par le "crochet" que l'on retrouve à Caen comme à Cherbourg. Les températures maxima sont nettement inférieures à celles de la veille et du lendemain. L'on voit très nettement, sur la carte de température, l'influence de la masse d'air froide qui pénètre sur la France du Nord : la partie de la France au Sud d'une

ligne Penmarch, Alençon, Metz est nettement plus chaude. Le passage du front se marque bien par les différences de température, mais mal par les précipitations : 0 millimètre partout. A peine, le matin, le ciel était-il couvert. Mais dès 11 heures, dans la région de Barfleur, où nous nous trouvions ce jour-là, on vit apparaître quelques plages de ciel bleu. La direction du vent est demeurée à peu près constante.

La zone de liaison représente essentiellement la limite entre deux masses d'air qui coexistent paisiblement l'une à côté de l'autre.

3)- Les fronts stationnaires

Le cas est un peu différent et plus complexe : la perturbation reste stationnaire un certain nombre d'heures sur la région, parfois plus de 24 heures.

La comparaison des pluies avec le cas précédent est très significative.

Quantité des précipitations selon l'aspect du front stationnaire

	<u>Front</u> <u>chaud</u>	<u>Front</u> <u>froid</u>	<u>Occlusion</u>	<u>Front</u> <u>indifférent</u>
Nombre de cas :	10	5	10	11
Cherbourg	1,3 mm	2,8	7,9	2,6
Pointe du Roc	0,5	1	2,8	1,5
Caen	0,2	1,4	6	1,2
Alençon	0,6	0,6	3,5	1,5
La Hève	0,6	7,6	4	1,5
Rouen	0,6	2,8	4,1	1,3

Le nombre de cas n'est pas très important. Ce sont les occlusions qui, dans l'ensemble, apportent le plus de pluie, simplement parce qu'elles sont souvent liées à des

dépansions ou qu'elles se déplacent parallèlement à elles-mêmes. Les pluies sont très rares par front chaud. La notion de front chaud et froid n'est pas toujours bien définie.

Le 12 Octobre 1957 (R, p. 157-158) en particulier, l'Europe est recouverte d'une zone anticyclonique formée de deux masses d'air. A six heures du matin, le front froid est sur la région et très proche de la mer. A 18 heures, le front n'a pas bougé, mais il est chaud et non froid. Que s'est-il passé ? Dans la journée, comme le temps était anticyclonique et que la nébulosité était faible, l'air s'est échauffé et l'air chaud est devenu plus dynamique que l'air froid. Ce phénomène se produit quelquefois lorsque les deux masses d'air sont peu différenciées et que le temps est chaud. La pluviosité est nulle. Ce type de front se remet souvent à avancer la nuit suivante.

Considérons un autre exemple, plus pluvieux. Le 6 Mai 1971 (R, p. 159, 160, 161), Cherbourg reçoit 5 mm en 24 heures. La situation entre 6 et 18 h. T.U. paraît identique : une dépression est centrée sur l'Atlantique ; elle est liée à une coulée froide en altitude qui a provoqué une remontée d'air chaud sur la France. Ceci, ajouté à l'anticyclone centré sur la Baltique, provoque un phénomène de blocage. Le front s'établit à la limite de ces deux systèmes de pression. Il reste au même emplacement toute la journée. La situation, en fait, est différente. Au lieu d'une simple juxtaposition des masses d'air, il y a blocage. L'air maritime ne peut avancer vers l'Est. L'air se déplace donc vers le Nord, et le front ondule parallèlement aux isobares. Si l'on regarde bien la courbe des températures et l'humidité relative, le front a dû onduler sur Cherbourg dans la journée : un premier crochet vers 11 heures (baisse de température, augmentation de l'humidité) doit correspondre au retrait du front froid vers l'Ouest. Cherbourg se trouve alors dans l'air chaud continental avec un maximum

de température supérieur à la veille. Un autre crochet vers 14-15 heures correspond au deuxième passage du front. Il semble que le déplacement maximum du front vers l'Ouest atteigne Mur de Bretagne (Carte des températures). Ce deuxième passage du front sur Cherbourg correspond à la pression la plus basse. Les températures baissent rapidement. L'étude des vents, ce jour-là, est très caractéristique. Dans l'air froid, l'air vient de Sud et la vitesse est assez forte : jusqu'à 10 m/s. Au moment du premier passage du front, la direction change brusquement : Nord-Nord-Est tournant lentement à Est. Dans l'air continental, la vitesse du vent est quasiment nulle ou très faible. De nouveau, la direction revient au Sud, après le deuxième passage du front, et la vitesse augmente.

Voilà un excellent exemple d'ondulation du front, avec deux masses d'air totalement différentes. Un air continental assez stable, froid la nuit, chaud le jour et plus actif de ce fait dans la journée ; un air maritime, plus rapide à faible amplitude. Cet air repousse lentement l'air continental qui forme barrière.

V)- Conclusion

Il y aurait encore beaucoup d'éléments à étudier : traîne plus ou moins active selon sa direction, liaison du front avec la pression plus ou moins basse ou avec la vitesse de la circulation en altitude ... Les études que nous avons entreprises au sujet de la traîne auraient été assez semblables à celles déjà réalisées au sujet de la direction des masses d'air. L'influence de la pression ou de la circulation en altitude sera étudiée ultérieurement.

La différence de température est fonction des diverses masses d'air. Le front apporte souvent un léger refroidissement très bref. Les variations de température se font dans l'espace de quelques heures dans la plupart des cas.

Les fronts apportent peu de pluie, sauf si "l'effet de tenaille" est important. Ceci est réalisé surtout :

- lorsque la circulation est rapide, ce qui accélère le processus,
- lorsqu'il se produit un effet de blocage.

C'est surtout avant la formation du point triple que ces phénomènes jouent au maximum quand il subsiste encore suffisamment d'air chaud.

Les pluies sont d'autant plus fortes :

- au passage du front chaud, que l'air chaud est plus humide,
- au passage du front froid, que l'air froid est plus instable.

La direction des vents de part et d'autre du front n'est pas très différente, en général de moins de 90°, dans le sens cyclonique. Les variations les plus importantes se produisent lorsque le front sépare deux types de circulation différente comme le 6 mai 1971.

La vitesse s'accélère souvent à l'avant ou au moment du passage du front.

L'action des fronts est différente selon les stations. Cherbourg est la station la plus arrosée lors du passage d'une perturbation.

C h a p i t r e V I

L'INFLUENCE DE LA P R E S S I O N

La pression agit essentiellement sur les précipitations. Le baromètre n'indique-t-il pas pour beaucoup de personnes la pluie ou le beau temps ? Dans une zone de basses pressions, l'air monte, se refroidit, il est moins capable de contenir beaucoup de vapeur d'eau. L'humidité relative augmente, les phénomènes de condensation risquent d'apparaître. Les hautes pressions engendrent l'effet inverse : l'air descend, se réchauffe, l'humidité relative diminue, les risques de pluie disparaissent. Ce phénomène se déroule-t-il de façon aussi simple ? D'autre part, rencontre-t-on davantage de basses pressions lorsqu'il fait froid ou lorsqu'il fait chaud ? C'est à ces diverses questions que va répondre ce chapitre.

Nous passerons beaucoup plus brièvement sur ce sujet. L'influence des pressions sera étudiée sur les trois principaux aspects du temps : pluviosité, température, vent.

1°- Pour les précipitations, la pression sera mise en corrélation avec la quantité des précipitations :

Pression à 0 heures T.U. et quantité tombée durant la nuit
Pression à 12 h. T.U. et quantité des précipitations
tombées durant la journée.

Cette étude sera entreprise pour Cherbourg, Caen,
Rouen et (uniquement la journée) à la Hève.

2°- Pour les températures et les vents, la pression sera mise en corrélation avec les relevés effectués aux mêmes heures. Le choix porte sur le relevé de la température à une heure précise et non sur les maxima et les minima, car ceux-ci surviennent à des moments trop variables au cours de la journée.

Cette étude portera, pour le premier cas, sur chaque saison, pour les températures uniquement pour l'été et l'hiver ; pour les vents, uniquement à 12 heures. L'étude de ces deux derniers éléments est plus sommaire car la pression n'agit pas directement sur eux.

I- [']PRESSIONS ET PRÉCIPITATIONS *****

Des tableaux de corrélation ont été établis entre pression et quantité des précipitations pour chaque station à 0 h. et à 12 h., chaque saison. La publication de la totalité des tableaux représenterait quelque cent pages. Nous avons donc résumé : R., p. 161 à 169 : Coefficients de corrélation pour chaque saison et pour l'année ; R., p. 170-173 : Fréquences les plus grandes des pressions selon la valeur des précipitations.

A)- L'INFLUENCE DES HAUTES PRESSIONS

Deux cas ont été envisagés. L'étude porte d'abord sur la totalité des jours étudiés : il existe une corrélation très nette entre pression et précipitations ou absence de précipitations. Si l'on étudie uniquement les jours de pluie, la corrélation n'existe plus : à Cherbourg, au printemps, on note même une augmentation des pluies en liaison avec l'augmentation des pressions.

Les hautes pressions sont donc responsables de l'absence de précipitations : dans les anticyclones, l'air s'affaisse ; tout phénomène d'ascendance est pour cette raison freiné.

Malgré tout, des pluies très importantes peuvent tomber jusqu'à 1025 millibars (R, p. 171), et on note des faibles pluies avec une pression de 1032 à 1036 mb. Nous allons choisir deux exemples de pluie par type de temps anticyclonique.

Les 22 et 23 Octobre 1958 sont deux exemples de temps faiblement pluvieux lorsque la pression est supérieure à 1030 millibars : un puissant anticyclone (1040 millibars) est centré sur l'Angleterre et dirige un courant faiblement perturbé de Nord-Est. Un front quasi stationnaire sépare un air maritime doux et humide établi sur l'Angleterre et la Normandie d'un air polaire maritime froid en cours de continentalisation. Cet air maritime est très humide : à Trappes, par exemple, le 22 Octobre à 12 heures, l'humidité relative est supérieure ou égale à 80 jusqu'à 3.000 mètres. Nous avons vu précédemment que la pluviosité d'un front chaud dépendait surtout de sa teneur en humidité, beaucoup plus que de son instabilité.

Cet exemple montre que, même lorsque la pression est très élevée, de faibles pluies peuvent survenir, si l'air

chaud est très humide, même en l'absence d'un front très dynamique.

L'exemple du 29 Janvier 1958 est un cas de forte pluie : 18 millimètres à Cherbourg, 20 millimètres à la Pointe du Roc en 12 heures, alors que la pression avoisine 1025 millibars. Un front froid sépare un anticyclone thermique formé d'air polaire maritime froid, surmonté en altitude par une coulée froide qui engendre en altitude un courant de Sud-Ouest sur notre région et un anticyclone dynamique. L'ondulation du front froid se déplace parallèlement à elle-même, coincée entre les deux anticyclones. Ce front froid sépare deux masses d'air différentes. La carte des températures minima est significative (carte R, p. 175). De part et d'autre du front, une différence de 4° existe. Une convergence à proximité du front favorise l'ascendance qui se marque au sol par la présence d'une petite vallée barométrique accompagnant le front. Pendant toute la nuit, le front est resté sur l'Ouest de la Normandie. Le radiosondage de Trappes du 29 à 23 heures montre une faible épaisseur d'air froid à la base, moins stable que l'air chaud de la veille.

En résumé, la forte pluviosité de ce jour est due à la présence d'une vallée de basses pressions relatives séparant deux anticyclones, liée à un front froid stationnaire. Ce n'est pas la valeur en elle-même de la pression qui compte, mais la valeur relative par rapport au champ général de pression.

Ces cas sont exceptionnels. A l'exception de Caen, les jours sans pluie les plus nombreux correspondent à des pressions de 1020-1029 millibars. En été, la pression est plus basse : 1010 à 1019 millibars. Cette particularité

s'explique par les températures plus élevées : l'air chaud est plus léger. A Caen, les jours sans pluie correspondent parfois à des pressions plus basses. Le calcaire de la plaine de Caen favorise en effet l'échauffement des basses couches. Une petite dépression locale se crée alors. Nous en reparlerons ultérieurement.

B)- PRÉCIPITATIONS ET BASSES PRESSIONS

Les corrélations établies entre pressions et quantités de précipitations, pour les jours pluvieux, sont beaucoup moins nettes. Le coefficient trouvé pour l'ensemble des trois ans, jours et nuits réunis, est assez proche des valeurs extrêmes réalisées par le hasard sans corrélation :

- 0,14 à - 0,16 au lieu de 0,10 pour environ 800 paires de valeur.

La nuit, la corrélation existe tout juste, mais dans la journée, seules les stations maritimes, la Hève et Cherbourg, ont un coefficient de corrélation supérieur aux valeurs extrêmes réalisées par le hasard.

La corrélation existe encore plus rarement si l'on considère le détail par saison :

- en hiver, uniquement pendant la journée, à Cherbourg ;
- au printemps, à la Hève, pendant la journée ;
- en été, à Caen, le jour et la nuit, et à Rouen pendant la nuit ;

- en automne, à Caen et à Rouen pendant la nuit, à la Hève et à Rouen pendant la journée.

La pression exerce une influence, certes, sur la

quantité des précipitations, mais cette influence n'est pas très rigoureuse puisque quelques coefficients sont même positifs : Cherbourg et Rouen pendant la journée, au printemps. Comment expliquer ce phénomène ?

L'examen des tableaux montrant la moyenne des précipitations en 12 heures par classe de pression met en évidence la progression des précipitations jusqu'à 990 millibars, à mesure que la pression baisse. Au-dessous de 990 millibars, la quantité de pluie décroît. Dans la classe inférieure, la très grande variation de la quantité des précipitations d'une station à l'autre tient en grande partie au faible nombre de cas. On retrouve le même phénomène si l'on examine les quantités maxima de précipitations par classe de pression (Tableau R, p. 171). Dans toutes les stations, ces quantités maxima sont plus élevées, entre 990 et 999 millibars, que dans la classe inférieure. Celle-ci a elle-même des précipitations supérieures à la classe des 985 à 989 millibars.

Le deuxième phénomène qui explique la faible corrélation existant entre pression et quantité de précipitation tient aux fortes précipitations. Celles-ci se produisent entre 990 et 1019 millibars. Dans les tableaux montrant la classe de pression la plus fréquente selon l'importance des précipitations (R p. 172-173), très souvent la pression correspondant à des pluies de plus de 10 millimètres est supérieure à celle correspondant aux pluies de 5,1 à 10 millimètres. A Caen, à Rouen, pour l'ensemble de ces trois

ans, jours et nuits inclus, les précipitations supérieures à 40 millimètres en 12 heures se sont produites le plus souvent lorsque la pression était entre 1010 et 1019 millibars. Il en est de même à la Hève dans la journée.

Deux questions se posent :

1°- Pourquoi les fortes pluies apparaissent-elles surtout entre 990 et 1019 millibars ?

2°- Pourquoi les pluies sont-elles moyennes lorsque les pressions sont très basses ?

Pour répondre à la première question, il faut chercher les causes des basses pressions. On peut distinguer sur notre région trois cas de basses pressions :

1- Les basses pressions d'origine thermique qui s'établissent à la fin du printemps, en été et en automne, et qui sont dues au réchauffement des basses couches de l'air par une forte insolation. Elles peuvent engendrer de fortes instabilités et des chutes de pluie assez fortes. Nous les étudierons en détail avec les types de temps qui leur correspondent, les marais barométriques. Mais la pression n'est jamais très basse ; elle se situe le plus souvent entre 1010 et 1015 millibars. L'échauffement est lié à l'insolation. Un anticyclone d'air chaud, épais, existe dans ces conditions. C'est uniquement à la base que les fortes températures font baisser la pression. Dans nos régions, la chaleur n'est pas très élevée, et la pression diminue assez faiblement.

2- Les basses pressions liées à une coulée froide ou à une goutte froide, sont beaucoup plus creusées. Plus un air est froid en altitude, plus des phénomènes d'instabilité peuvent se créer, entraînant au sol une forte baisse de pression. Nous reviendrons sur ce sujet dans le chapitre suivant. Mais la Normandie ne reçoit que l'extrémité sud des coulées, le plus souvent réduites à l'état de gouttes ; d'autre part, la trajectoire la plus fréquente ne passe pas par la Normandie, mais au large de la Bretagne. Les gouttes froides en altitude engendrent au sol des dépressions comprises le plus souvent entre 990 et 1.000 millibars. Seules, les coulées froides créent des ~~thalwegs~~ de pression inférieure.

3- Les basses pressions peuvent être dues au passage d'une perturbation. Très souvent, à proximité du point double ou triple d'une perturbation existe une dépression créée par l'ascendance de l'air chaud soulevé par l'air froid. Cette dépression, à l'origine au point double ou triple, point où les phénomènes d'instabilité sont les plus importants, a tendance à s'écarter de ce point avec le vieillissement de la perturbation. Le secteur chaud se réduit, la dépression reste sur sa trajectoire et continue à être influencée par des phénomènes qui n'apparaissent plus au sol (occlusion). Le point triple se situe alors au sud de la dépression. Ce type de dépression existe dans les basses couches de l'atmosphère, là où les phénomènes frontaux sont les plus actifs. Il est très rare que cette dépression soit inférieure à 1.000 millibars.

Nous avons montré que les dépressions qui traversaient notre région n'étaient pas très creusées. Ceci explique la faible corrélation entre pluie et pression. En effet, ce sont surtout ces dépressions, en particulier la partie centrale, qui engendrent les fortes pluies. C'est là que les phénomènes d'ascendance sont les plus forts. La moyenne des précipitations par demi-journée, lorsque la Normandie est traversée par la partie centrale d'une dépression ou à proximité de cette partie centrale, est nettement plus élevée que les moyennes de précipitations précédemment relevées.

Moyenne des précipitations par demi-journée
lorsque le centre d'une dépression se fait sentir
sur la Normandie

	<u>Nombre de</u> <u>journées</u>	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
Dépression sur la région	65(62 La Hève)	5 mm	4,8 mm	4,4	4,1	3,8
Dépression au Nord	14(13 à La Hève)	4,9	3,7	3	2,8	1,9
Dépression au Sud	7	0,6	3,4	4	0,9	1,7
Dépression à l'Ouest	6	4	4,2	3,4	3	0,6
Dépression à l'Est	2	0,6	28	18	22	19,5

On a considéré qu'une dépression passait à proximité de la région lorsque la distance de son centre était inférieure à 2° de latitude. Lorsque le centre de la dépression traverse la Normandie, on note les plus fortes pluies et les plus faibles écarts d'une station à l'autre. Nous éliminons la cinquième catégorie qui compte trop peu de cas.

Ces chiffres sont même inférieurs à la réalité, car le compte a été fait par demi-journées ; la dépression peut passer à Cherbourg et provoquer des précipitations de 12 millimètres, alors que les autres stations ne recevront les pluies qu'au cours de la demi-journée suivante. Ce cas est compté pour deux demi-journées. A Cherbourg, sur 35 cas où la Normandie a été traversée par une dépression, 24 ont reçu 5 et plus de 5 millimètres de pluie, 12 ont reçu 10 millimètres et plus.

Lorsque la dépression passe à proximité de la région, ce sont les stations les plus proches qui sont les plus arrosées. Seule, Caen reçoit des pluies relativement importantes quelle que soit la trajectoire de la perturbation. Les facteurs qui développent l'instabilité semblent recevoir une impulsion supplémentaire à Caen (air arctique, par exemple, ou basse pression).

Le 26 Octobre 1960 (R, p. 176-179) est certainement une des journées les plus pluvieuses qui soient à Cherbourg : il est tombé 63 mm en 24 heures, exactement 62,5 millimètres de 20 h.50 à 15 h.40. Le maximum de précipitations se situe le 25 entre 5 h et 8 h : trois orages se succèdent avec des foyers orageux au Sud-Est, au Nord, au Nord-Est et à l'Est, mais leurs déplacements sont impossibles à préciser (250 à 350 mètres). Le vent vient essentiellement d'Ouest ou d'Ouest-Nord-Ouest. Sa vitesse varie entre 8 et 16 noeuds avec des pointes allant jusqu'à 22 noeuds, c'est-à-dire 11 m/s. Le vent maximum instantané a soufflé en dehors des orages et a atteint 12 ~~ms~~ m/s. La température minimum est survenue au cours du dernier orage, à 7 h.10, mais elle reste proche de la moyenne de Novembre : 10°3 (10°5 pour l'ensemble du mois). La température maximum, au contraire

(imputable à l'absence d'insolation ?), est restée faible : 12°4 à 14 h. au lieu de 15° (moyenne de ce mois). Les pluies ont surtout été fortes dans le Nord Cotentin :

Baupré	54,8 mm
Brix	46 mm
La Hague	33,9 mm
Barfleur	22,5 mm
Caen	9,6 mm
Roc	13 mm
Rouen	23 mm

Par contre, certaines stations (Alençon par exemple) sont très peu arrosées.

Quelle est la situation le 26 Octobre à 6 heures ? Une dépression D1 de moins de 995 millibars correspond à l'extrémité Nord d'une occlusion. Elle est située sur la Normandie orientale et la Manche. La pression dans la région de Cherbourg est supérieure à 995 millimètres. Cette dépression, liée à l'occlusion 33 b, se situe au sein d'un complexe dépressionnaire correspondant en altitude à de l'air relativement froid. On peut souligner la présence d'un **thalweg** dont l'axe passe au Sud de la Cornouaille, le Nord Cotentin, et au Sud de la vallée de la Seine. Sur la carte des précipitations, cet axe explique les très fortes pluies. L'action est renforcée par la proximité de D1 et de l'occlusion. L'air chaud qui subsiste en altitude est extrêmement humide : il est saturé entre 750 et 700 millibars. Le goulot formé par la courbe bleue et la courbe d'état, qui se rejoignent à ce niveau, explique les orages. Le L.F.C. (Level of free convection) de Petterssen est très bas. Toute particule au niveau du sol l'atteindra donc facilement et l'instabilité sera très grande. Nous comprendrons mieux désormais la forte pluie, surtout dans la région de Cherbourg : air plus froid en altitude, air encore plus humide à la base.

Examinons, maintenant, le cas d'un jour peu pluvieux, mais avec une pression très basse : le 16 Décembre 1968

(R p. 180). La situation n'est pas très différente du cas précédent :

- même masse d'air : polaire maritime,
- trajectoire à peu près semblable des perturbations,
- occlusion 47 a, assez semblable à 33 b.

Des nuances apparaissent toutefois :

1°- La pression est beaucoup plus basse : entre 970 et 980 millibars.

2°- Le centre de la dépression est plus éloigné de la Normandie.

3°- La principale différence vient de la situation en altitude : il n'existe ni dépression ni thalweg liés à de l'air froid au-dessus de la Normandie. Les pressions restent basses en altitude, beaucoup plus que le 26 Octobre, mais il n'existe pas de centre d'action vigoureux signalé par un talweg. Et il semble bien que ce soit là le phénomène déterminant.

Les fortes pluies qui sont tombées en France le 16 Décembre 1958 correspondent à la trajectoire du centre de la dépression DO qui est passée au niveau du val de Loire. La Normandie, dans la journée du 16 Décembre, appartient plutôt à une zone de divergence peu favorable au phénomène d'ascendance. Le sondage du 16 Décembre ne montre pas la même instabilité : il n'existe pas de goulot ; l'humidité relative diminue régulièrement avec l'altitude. Il n'est pas possible de tracer le niveau de libre convection.

En résumé, les fortes pluies correspondent au passage du centre des dépressions ou de l'axe d'un thalweg, tant au sol qu'en altitude. Nous avons vu que, très fréquemment, ce sont de petites dépressions, peu creusées. Ce phénomène contrarie l'augmentation de la pluviosité en fonction de la baisse de pression. Le chapitre suivant nous permettra de mieux saisir l'influence de la situation en altitude.

D'une saison à l'autre, les pressions n'ont pas les mêmes liens avec la pluviosité. En été, en particulier, la fréquence des pressions la plus grande se situe entre 1010 et 1020 millibars, qu'il pleuve ou non. L'échauffement des basses couches de l'atmosphère explique la baisse de pression, même en l'absence de pluie. D'autre part, la remontée de l'air chaud en altitude, la trajectoire assez septentrionale des perturbations, l'influence des anticyclones subtropicaux ne sont guère favorables à l'existence de basses pressions. La fréquence des jours sans pluie explique pourquoi le coefficient de corrélation pression - pluie ou absence de pluie est le plus important. Si l'on considère exclusivement les jours sans pluie, on constate une plus grande corrélation la nuit que le jour : sans doute est-ce dû à l'influence du réchauffement dans la journée ; celui-ci fait baisser la pression sans pour autant augmenter les précipitations. Notons au passage l'exception de Caen. L'instabilité exceptionnelle qui existe dans cette station doit être plus favorable à l'action de types de temps influencés par l'existence de marais barométriques. C'est une question qu'il faudra chercher à résoudre dans l'étude des types de temps.

En hiver, la pression diminue plus régulièrement en fonction de l'augmentation des pluies. A l'exception de Cherbourg, il n'y a pas de corrélation entre pluie et pression. Et même à Cherbourg, la corrélation à peine existante dans la journée n'est pas réalisée la nuit.

C'est au printemps que la corrélation existe le moins. Sans aucun doute, ce phénomène s'explique par l'importance et le grand nombre des traînes actives, et des giboulées (air arctique maritime instable). Or la traîne est accompagnée d'une hausse de pression. Les très fortes pluies correspondent le plus fréquemment à des pressions de 1010 à 1019 millibars.

En automne, au contraire, les fortes pluies correspondent aux pressions les plus basses : 990 à 999 millibars, Cherbourg excepté. Peut-être est-ce en cette saison que le mélange air chaud - air froid se fait le plus harmonieusement. C'est la seule saison, avec l'été, où l'air tropical pénètre un peu dans notre région. Mais à la différence de l'été, le temps est beaucoup plus perturbé.

L'influence des pressions paraît donc complexe, et elle semble jouer différemment le jour et la nuit, ou d'une station à l'autre. Ce sont surtout les hautes pressions qui exercent une action déterminante : par leur présence sur la région, elles gênent le passage des perturbations ; d'autre part, elles correspondent à de l'air qui s'affaisse. Autant de raisons qui expliquent l'absence ou la rareté des pluies. Pour les basses pressions, le problème est plus délicat. Leur action propre ne se fait guère sentir, sauf si le centre d'une dépression dans lequel les phénomènes d'ascendance sont importants traverse la région. C'est la raison qui explique pourquoi, durant les jours de pluie, il n'y a pas de corrélation entre pression et quantité de précipitations. Mais elles permettent et favorisent l'action

d'autres éléments : coulée froide, goutte froide et basses pressions en altitude, passage des perturbations.

*

* *

II- PRESSIONS ET TEMPÉRATURES *****

La pression n'exerce pas d'influence directe sur les températures. Aussi n'est-il pas logique d'établir de corrélation entre ces deux valeurs. Nous regarderons simplement quelles sont les températures minima les plus fréquentes, en hiver, en fonction de la pression, et les températures maxima les plus courantes en été.

Pressions et températures minima

pendant les trois hivers 1958-1959-1960

	<u>Pressions</u>	<u>Température moyenne</u>	<u>Températures extrêmes</u>	<u>Pourcentage de jours de gel</u>	<u>Plus grande fréquence</u>
<u>CAEN</u>	970-979,9	6°	5°2 à 6°7	0	5 à 6°
	980-989,9	7°1	4°8 9°7	0	6 10°
	990-999,9	5°9	- 0°6 11°9	6 %	6 10°
	1000-1009,9	5°	- 3°9 13°	10 %	1 5
	1010-1019,9	5°1	- 4°6 16°7	7 %	1 5
	1020-1029,9	3°9	- 8°7 12°	23 %	1 5
	1030-1039,9	2°8	- 1°7 6°5	19 %	1 5
	1040-1049,9	1°9	- 1°6 2°6	15 %	2 3
<u>CHERBOURG</u>	970-979,9	7°9	7°5 8°2	0	7 à 8
	980-989,9	8°	3°6 11°7	0	6 10°
	990-999,9	7°7	1°4 11°8	0	6 10
	1000-1009,9	6°5	- 0°5 18°1	1	6 10
	1010-1019,9	6°9	- 0° 12°6	1	6 10
	1020-1029,9	6°4	- 1°1 12°2	1	5 10
	1030-1039,9	5°3	1°6 8°8	0	6 10
	1040-1049,9	3°1	1°3 5°1	0	1 5

	<u>Pressions</u>	<u>Température</u> <u>moyenne</u>	<u>Températures</u> <u>extrêmes</u>	<u>Pourcentage</u> <u>de jours</u> <u>de gel</u>	<u>Plus</u> <u>grande</u> <u>fréquence</u>
<u>ROUEN</u>	970-979,9	7°1	6°1 à 8°5	0	6 à 9°
	980-989,9	7°3	4°8 9°6	0	6 10
	990-999,9	5°5	- 3° 12°2	5	6 10
	1000-1009,9	4°5	- 12°4 13°3	16	6 10
	1010-1019,9	3°9	- 8°4 14°2	18	1 5
	1020-1029,9	2°9	- 10°2 11°8	26	1 5
	1030-1039,9	1°2	- 4°8 8°1	54	- 4 0
	1040-1049,9	- 0°4	- 2°6 1°	40	0 1

Les températures les plus hautes, en moyenne, correspondent à des pressions inférieures à 990 millibars : ceci s'explique surtout par l'absence de températures basses. Les variations d'un jour à l'autre sont très faibles. Ces basses pressions correspondent à des temps très perturbés. Lorsqu'une perturbation traverse la région, la pression baisse ; elle atteint son point le plus bas le plus souvent au passage du front froid et remonte aussitôt après. La nébulosité correspondant au corps de la perturbation est très forte. Il n'y a donc qu'une très faible déperdition de chaleur pendant la nuit.

De 990 à 1020 millibars, à Caen et à Rouen, à 1030 millibars à Cherbourg, les températures sont déjà en moyenne un peu plus basses, mais elles sont beaucoup plus contrastées d'un jour à l'autre. Elles correspondent à l'alternance des secteurs chauds et froids. La température la plus fréquente reste assez élevée, de 6 à 10°. Le pourcentage des jours de gel reste faible.

A partir de 1020 millibars, les moyennes de température baissent, surtout à Caen et Rouen. Le nombre de jours de gel devient plus important. Ces pressions correspondent le plus souvent à des anticyclones. La nuit, le ciel peut être clair et le rayonnement nocturne assez important. D'autre part, en l'absence de toute perturbation, plus un air est froid, plus il est lourd et plus la pression augmente.

D'une station à l'autre, un certain nombre de différences apparaissent :

1°- Il ne faut pas oublier que l'altitude de Caen-Carpiquet est plus élevée que celle de Cherbourg ou de Rouen. Ceci explique que la plus grande fréquence des températures de 1 à 5° commence à partir de 1000 millibars à Caen contre 1010 à Rouen.

2°- Plus on s'éloigne de la mer, plus les hautes pressions correspondent à des températures basses. Si l'on met à part les deux catégories extrêmes qui comptent peu de cas, on constate que la différence des températures des classes 980-989 et 1030-1039 croît à mesure que l'on s'éloigne de la mer :

Cherbourg	2°7
Caen	4°3
Rouen	6°1

De 980 à 989 millibars, les écarts de température entre les trois stations sont très faibles : 0°6 entre Caen, la station la plus élevée, et Cherbourg. Par contre, lorsque la pression est forte, l'influence de la mer se fait davantage sentir :

2°5 entre Caen et Cherbourg

4°1 entre Rouen et Cherbourg.

Pour les pressions les plus hautes, l'écart semble être moindre. Il sera intéressant d'en connaître la raison exacte lors de l'étude des types de temps. Cette étude des températures à six heures ne doit pas être très différente de celle des températures minima.

Les résultats semblent plus complexes pour les températures à 12 heures en été.

Pressions et températures à 12 heures
pendant les trois étés 1958-1959-1960

	<u>Pression</u>	<u>Température</u> <u>moyenne</u>	<u>Températures</u> <u>extrêmes</u>	<u>Pourcentage</u> <u>des jours où</u> <u>la tempéra-</u> <u>ture atteint</u> <u>20°</u>	<u>Plus</u> <u>grande</u> <u>fréquence</u>
<u>CAEN</u>					
	990-999,9	15°8	12°6 18°8	0	-
	1000-1009,9	16°9	13°2 25°6	16 %	16-20
	1010-1019,9	19°7	11°7 34°5	41 %	16-20
	1020-1029,9	19°8	14°6 29°	44 %	16-20
	1030-1039,9	17°8	16° 22°	17 %	16-20
<u>CHERBOURG</u>					
	990-999,9	16°4	14°5 18°3	0	-
	1000-1009,9	17°4	13° 23°	13 %	16-20
	1010-1019,9	18°2	12°2 29°8	17 %	16-20
	1020-1029,9	17°8	13°5 24°1	16 %	16-20
	1030-1039,9	16°1	14°1 19°	0	14-15
<u>ROUEN</u>					
	990-999,9	16°5	16° 17°	0	-
	1000-1009,9	17°9	14°1 26°5	17 %	16-20
	1010-1019,9	21°4	12°8 35°	58 %	16-20
	1020-1029,9	20°9	15° 27°6	57 %	20-25
	1030-1039,9	19°8	18°1 21°	50 %	18-20

<u>LA HÈVE</u>	990-999,9	15°1	13°	17°2	0	-
	1000-1009,9	16°3	14°	22°	4 %	16-20
	1010-1019,9	17°8	13°	31°2	21 %	16-20
	1020-1029,9	17°9	12°2	23°	20 %	16-20
	1030-1039,9	15°6	15°2	16°	0	15-16

Les quatre stations ont une évolution semblable : c'est entre 1010 et 1019,9 millibars que l'on enregistre les moyennes de température les plus élevées, de même que les températures les plus hautes. Pour que des températures soient assez élevées, il faut qu'il y ait du soleil. Or c'est surtout au-dessous de 1010 millibars qu'apparaissent les temps perturbés nébuleux. Ceci explique qu'au-dessous de ce chiffre les températures soient plus basses car la nébulosité est forte.

De 1020 à 1029,9 millibars, le pourcentage des températures supérieures à 20° est à peu près semblable à celui de la catégorie précédente. La grosse différence provient du faible nombre de jours où la température est très élevée. Ceci s'explique aisément : par temps chaud, l'air s'échauffe à la base, devient plus instable et plus léger et de ce fait la pression diminue. Les pressions les plus élevées correspondent alors à des anticyclones formés par de l'air froid.

Si l'on compare les stations d'altitude voisine, les différences de température par basses pressions restent insignifiantes :

0°1	entre Cherbourg et Rouen entre	990 et 999 millibars
3°2		1010 et 1019 millibars
3°7		1030 et 1040 millibars.

L'influence de la proximité de la mer est semblable si l'on compare Caen et La Hève :

0°6 entre 990 et 999 millibars
1°9 entre 1010 et 1019 millibars
2°2 à partir de 1030 millibars.

Finalement, en hiver, pour les températures à 6 heures comme en été pour celles relevées à 12 heures, c'est entre 1015 et 1020 millibars que l'on observe les plus fortes variations. Sans doute cette classe de pression correspond-elle à la succession des types de temps les plus variés.

*
* *

III- PRESSIONS ET VENTS *****

Pour effectuer cette étude, nous avons choisi 12 heures, heure où la vitesse du vent est généralement plus forte qu'à minuit ou 18 heures⁽¹⁾.

La pression agit sur la vitesse des vents par l'intermédiaire de son gradient : plus le gradient de pression est élevé, plus la vitesse du vent est forte. Ce gradient de pression est-il plus ou moins élevé selon la valeur de la pression ?

Dans chaque tableau (R p. 183 à 189), la première et la dernière catégorie ont été notées à titre indicatif : elles sont formées par un nombre trop faible de cas pour

(1)- La vitesse, en surface, est en effet plus grande aux heures chaudes, puisque la turbulence est alors maximum et transmet donc vers le bas les vitesses élevées de l'air libre.

que l'on puisse y attacher beaucoup d'importance.

De 980 à 1039 millibars (et même au-delà), la force du vent diminue assez régulièrement. Cette diminution est importante pour toutes les stations : la vitesse du vent pour les pressions comprises entre 980 et 989 millibars est plus du double de celles correspondant aux pressions comprises entre 1030 et 1039 millibars. Seule la station de Cherbourg présente des variations moindres : sans doute est-ce dû à la position de presqu'île plus proche des trajectoires des perturbations que n'importe quelle autre station normande. A Rouen, au contraire, ce rapport est le plus important : 2,5 à 1.

Pour une même station et à des pressions identiques, il y a assez peu d'écart d'une saison à l'autre pour la vitesse du vent ; à Caen, par exemple, de 1000 à 1009 millibars, la vitesse du vent atteint :

7,4 m/s en hiver
6,7 m/s au printemps
6,1 m/s en été
7 m/s en automne.

Dans l'ensemble, c'est en été que les vents seraient le moins rapides à pression égale ; on le voit davantage en examinant le pourcentage de vents forts supérieurs ou égaux à 10 m/s que par la moyenne proprement dite. A Rouen, par exemple, la vitesse moyenne du vent est presque toujours plus forte. De même, les vents très faibles ou les calmes sont plus nombreux en hiver qu'en été.

Comment expliquer qu'en hiver, à pression égale, il y a à la fois plus de vents forts et plus de calmes qu'en été ?

1°- Le gradient de pression est beaucoup plus important en hiver qu'en été, aussi les vents sont-ils plus rapides.

2°- Lorsque la pression est assez élevée, en hiver, l'air est froid, stable et lourd, et stagne au contact du sol. En été, au contraire, près du sol plus ou moins chaud, l'air devient turbulent, et l'absence complète de vent est plus rare.

Si la force du vent décroît avec l'augmentation de pression, cela tient essentiellement au fait que la circulation est beaucoup plus rapide lorsque la pression est basse, car la Normandie se trouve alors le plus souvent à proximité de la trajectoire des perturbations qui se déplacent en suivant des courants plus ou moins rapides, reflétant le courant d'altitude. Celui-ci est alors très rapide sur notre région ou à proximité. Lorsque la pression augmente, le courant d'altitude est généralement beaucoup plus éloigné, et les déplacements d'air sont lents. Au centre de certains anticyclones, le déplacement est même nul. L'étude de la situation en altitude complètera du reste ces renseignements.

Il peut arriver que le gradient de pression soit fort dans un anticyclone et faible dans une zone de basse pression. On peut avoir des vents supérieurs à 10 m/s au-dessus de 1030 millibars. Le cas est rare mais possible.

Remarquons les différences qui existent entre les stations :

La Hève est toujours la station la plus éventée ; au bord de la mer, sur une falaise, largement ouverte aux vents du large. Ensuite, Caen-Carpiquet, sur un plateau assez élevé, pas trop loin de la mer. Cherbourg ne vient qu'ensuite : la station de Chanterayne était située au fond d'une baie, au niveau de la mer et abritée en partie des vents du large. Rouen n'a que de faibles vents : basse altitude, au fond de la vallée de la Seine, loin de la mer.

La fréquence des pressions varie d'une station à l'autre dans de petites proportions. Le nombre de jours où la pression est supérieure à 1020 millibars est plus élevé dans les stations du littoral, Cherbourg et La Hève :

357	cas à Caen
380	cas à Cherbourg
380	à La Hève
354	à Rouen.

Ceci est lié surtout à la situation estivale où la pression est plus élevée à Cherbourg et La Hève : les stations de l'intérieur sont plus chaudes ; les masses d'air chauffées à la base deviennent plus légères et la pression diminue ; le sol calcaire de la campagne de Caen compense le faible éloignement de la mer pour cette station. En hiver ou en automne, les pressions les plus élevées se comptent à La Hève et à Rouen. En hiver, les anticyclones thermiques décroissent d'importance à mesure que l'on va vers l'Ouest. En automne, les cas plus nombreux de circulation de Sud-Ouest expliquent ce phénomène : le

centre du thalweg de basses pressions est le plus souvent situé sur le proche océan. Au printemps, au contraire, les cas de Nord-Ouest sont les plus fréquents, les hautes pressions diminuent de l'océan vers l'intérieur ; l'axe de la dorsale se situe généralement sur le proche océan.

Cherbourg est la station où le nombre de jours de basses pressions est le plus important :

Caen : 97 jours où la pression est inférieure à 1000 millibars

Cherbourg : 108

La Hève : 94 (cette station compte quelques jours de relevés en moins)

Rouen : 90.

Cette particularité propre à Cherbourg se retrouve en toute saison, sauf en été où les jours de basses pressions sont partout très rares.

Cherbourg est la station la plus proche des trajectoires habituelles des perturbations, comme nous le verrons ultérieurement : station la plus à l'Ouest et au Nord. D'autre part, elle connaît parfois un type de temps perturbé, tandis que les autres stations restent encore sous l'influence d'un anticyclone.

De toute façon, le champ de pression est très dépendant de la situation en altitude qui est beaucoup plus simple à étudier.

C h a p i t r e V I I

L'INFLUENCE DE LA SITUATION EN ALTITUDE

La situation en altitude n'est pas toujours identique pour un même type de temps. Par temps d'Ouest, voire quatre, par exemple, peuvent exister les situations d'altitude suivantes :

- circulation zonale lente,
rapide,
- vallée correspondant à une coulée froide,
- légère crête liée à une coulée chaude,
- pression plus ou moins élevée : la surface de 500 millibars peut être au-dessus ou au-dessous de 556 décimètres,
- air plus ou moins chaud en altitude.

Selon ces cas, la pluviosité et le vent peuvent être plus ou moins forts.

Il existe deux types principaux de circulation en altitude :

1°- La circulation zonale, d'Ouest en Est, qui se traduit, sur la carte de la surface de 500 mb par des isohypes parallèles à l'équateur et par une décroissance du Sud au Nord, des températures de cette surface.

2°- La circulation méridienne, lorsque le courant décrit des sinuosités. La vallée correspond à une coulée froide, la crête à une masse chaude.'

Le plus souvent, le premier type correspond à des temps d'Ouest, le second à des temps de Sud-Ouest ou de Nord-Ouest. La situation en altitude est beaucoup plus simple que la situation au sol. Il est intéressant de voir à quel temps correspond cette situation en altitude, sans s'occuper de la situation au sol.

La rapidité de la circulation au-dessus de la région a-t-elle une influence ? En théorie, il suffit de mesurer la distance séparant deux isohyptes au-dessus de la Normandie. Mais peut-on séparer cette étude de la précédente ?

De même, la température de l'air en altitude a-t-elle une importance ?

Le temps varie-t-il également en fonction de l'amplitude de l'onde, de la distance entre une crête et une vallée ?

Les questions sont trop nombreuses pour que la méthode idéale pour cette étude soit trouvée immédiatement. Aussi procéderons-nous par étapes :

1°- Uniquement pour l'hiver et pour la seule station de Cherbourg, on étudiera :

A- L'influence du type de circulation en fonction de la pression en altitude.

B- L'influence de la forme de l'onde.

C- Le rôle de la rapidité de la circulation au-dessus de la Normandie.

D- L'influence de la température de la surface de
500 mb.

Cette étude permettra de dégager une méthode simple.

2°- L'étude systématique pour les quatre stations et
les diverses saisons de nos trois années 1958-1960 de la
situation en altitude, avec la méthode précédemment définie.

Il sera possible, ensuite, de voir exactement l'effet
de la situation en altitude sur le temps de surface et de
suivre l'évolution de cette situation.

I- RECHERCHE D'UNE METHODE
POUR L'ETUDE DE LA SITUATION EN ALTITUDE

A)- L'INFLUENCE DU TYPE DE COURANT

Le type de courant a-t-il une importance sur le temps ?

Huit types de circulation ont été distingués (R, p. 169):

- partie avant de la crête (C.A.),
- partie centrale (C.C.),
- partie arrière (C.R.),
- partie avant de la vallée (V.A.),
- partie centrale (V.C.),
- partie arrière (V.R.),
- circulation zonale associée à de basses pressions,
- circulation zonale associée à de hautes pressions.

Il n'est pas toujours facile de distinguer la partie
avant d'une crête et la partie arrière de la vallée, ou la
partie arrière d'une crête et la partie avant de la vallée.

Le plus souvent, à la crête correspond une surface isobari-
que d'altitude supérieure à 556 dam ; à la vallée correspon-
dent des basses pressions. Mais de petites crêtes peuvent
exister dans un ensemble dépressionnaire ou de petites val-
lées au sein de hautes pressions. De même, la limite entre
les deux ne correspond pas à la ligne des 556 dam. Le 29
Juin 1958, il est incontestable que Rouen se trouve dans la
partie arrière de la crête et Cherbourg dans la partie avant
de la vallée.

De même, il est très rare qu'une circulation zonale
soit rigoureusement rectiligne. Des ondulations de faible
amplitude peuvent exister. Arbitrairement, on a estimé que la
circulation était encore zonale lorsque l'amplitude de la
vague était inférieure à quatre fois la longueur d'onde.

Enfin, une petite dépression est assimilée à une
vallée et un petit anticyclone à une crête (partie centrale
le plus souvent).

Variation du temps en fonction de la circulation
pendant les trois hivers 1958-1959-1960, à Cherbourg.

Type de circulation	Nombre de cas	Pluie moyenne	Moyenne des tn	Pourcentage des tx	Pourcentage des jours de pluie
C.A.	34 (34-35)	1,1	4°7	8°8	26 %
C.C.	20 (18-20)	0,4	4°7	10°6	35 %
C.R.	24 (24-25)	3	5°7	11°5	54 %
V.A.	35 (34-35)	4,8	5°4	10°5	77 %
V.C.	28 (27-28)	4,5	3°3	8°2	71 %
V.R.	51 (48-52)	2,7	3°8	8°	53 %
Z.H.P.	9 (8- 9)	6,7	7°1	12°4	100 %
Z.B.P.	62 (61-63)	8,9	5°6	10°	87 %

Les températures minima et maxima sont relevées à des heures précises, et pour un même type de circulation il peut y avoir 0 ou 2 températures. Aussi les chiffres entre parenthèses représentent-ils les nombres de cas de minima, de maxima de température, de vent maximum instantané pour un type de circulation.

Les pluies les plus importantes correspondent à la circulation zonale :

- 6,7 mm par jour lorsque la station est surmontée par des hautes pressions,
- 8,9 mm lorsqu'il y a des basses pressions.

Les températures les plus fortes existent lorsque la pression est élevée.

Le temps est différent selon la position de la vallée ou de la crête sur la région. La partie arrière de la crête et la partie avant de la vallée sont les plus pluvieuses et les plus chaudes. Elles correspondent le plus souvent à des temps de Sud-Ouest au sol.

La partie avant de la crête et la partie arrière de la vallée sont les plus sèches et assez froides. Elles recouvrent souvent une situation de Nord-Ouest au sol.

Le centre de la crête est rarement pluvieux et moyennement chaud. Le centre de la vallée, au contraire, est froid et assez pluvieux.

Pour une direction équivalente de la circulation, les hautes pressions sont plus sèches et plus chaudes. Ceci

s'explique aisément. Les hautes pressions en altitude sont toujours accompagnées d'une advection d'air chaud. La situation au sol est le plus souvent identique. Une colonne d'air avec un air relativement frais au sol et chaud en altitude a un gradient thermique peu élevé et est donc stable.

Au contraire, les basses pressions correspondent en altitude à de l'air froid ; le gradient thermique est alors élevé, la masse d'air est beaucoup plus instable et les pluies sont plus fréquentes.

La coulée polaire se déplace d'Ouest en Est et de Nord au Sud, dans la quasi-totalité des cas. Aussi est-il normal que l'influence de l'air froid se fasse sentir surtout à l'avant et au centre de la coulée où l'on observe les pluies les plus importantes.

Ces distinctions apparaissent toutefois nettement insuffisantes, car les conditions moyennes recouvrent de très grosses différences. Il faut d'autres éléments pour définir plus exactement l'influence de la circulation à 500 mb..

B) - INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE LA SURFACE A 500 MILLIBARS.

La température en altitude joue-t-elle un rôle en elle-même ? Peut-on penser que plus un air est froid plus les températures au sol sont basses et plus les pluies sont importantes ?

Ces deux éléments de surface vont être mis en rapport avec la température de l'air à 500 millibars à Cherbourg.

Variations de la température et de la pluviosité à Cherbourg
en fonction de la température de la surface à 500 mb

<u>Température à 500 mb</u>	<u>Moyenne des tn</u>	<u>tx</u>	<u>de la pluviosité</u>
- 10° à - 14°	6°	10°	4 mm
- 15° - 19°	5°	10°	2
- 20° - 24°	6°	10°	4
- 25° - 29°	5°	9°	4
- 30° - 34°	4°	7°	7
- 35° - 39°	2°	5°	3
- 40° - 44°	0°	4°	2

La température moyenne de la surface de 500 mb au-dessus de Cherbourg atteint - 25°. Lorsque cette température est supérieure, au sol, la température est élevée et il y a peu de différences entre les moyennes. Ceci s'explique : lorsqu'il y a un anticyclone dynamique, les minima de la nuit peuvent être assez bas en raison du rayonnement nocturne. Ceci apparaît nettement si on regarde le pourcentage des températures minima inférieures à 5°.

Pourcentage des températures minima inférieures à 5° et
des températures maxima inférieures à 10° à Cherbourg selon
la température de la surface de 500 mb

<u>Température de</u> <u>la surface 500 mb</u>	<u>Pourcentage des tn</u> <u>inférieures à 5°</u>	<u>Pourcentage des tx</u> <u>inférieures à 10°</u>
- 10° à - 14°	50 %	33 %
- 15° - 19°	48 %	44 %
- 20° - 24°	33 %	44 %
- 25° - 29°	40 %	63 %
- 30° - 34°	60 %	80 %
- 35° - 39°	67 %	100 %
- 40° - 44°	100 %	100 %

De -20° à -44° , le pourcentage des températures basses augmente régulièrement au sol, aussi bien pour les températures minima que maxima. Pour une température de la surface de 500 mb, supérieure à -20° , les températures minima diminuent (influence du rayonnement nocturne lors d'un anticyclone dynamique) et les températures maxima, par contre, sont beaucoup plus souvent égales ou supérieures à 10° . Quelles conclusions pouvons-nous tirer ?

1°- La corrélation entre la température de la surface à 500 mb et la température au sol existe. Mais elle est plus forte pour les températures maxima que pour les températures minima. Le coefficient de corrélation pour 259 valeurs atteint :

$R = 0,20$ pour les températures minima

$R = 0,34$ pour les températures maxima.

Or, le taux maximum réalisé par le hasard pour 259 paires de valeur est de 0,16. L'influence du rayonnement nocturne par ciel clair, lors de la présence d'un anticyclone dynamique, explique pourquoi le coefficient est plus faible pour les températures minima.

2°- La comparaison des deux pourcentages souligne un fait important : le réchauffement diurne se fait beaucoup plus rapidement lorsque la masse d'air en altitude est chaude que si elle est froide. Donc, un anticyclone dynamique qui est surmonté par une masse d'air chaude en altitude risque d'avoir des maxima de température beaucoup plus élevés qu'un anticyclone thermique qui est souvent recouvert

d'air froid, lequel se réchauffera très difficilement.

Il n'y a aucune corrélation entre la température de la surface à 500 mb et la quantité de pluie tombée. Pour 259 paires de valeur, le coefficient atteint seulement :

$R = - 0,14$ si l'on intègre les jours sans pluie,

$R = + 0,05$ si l'on considère seulement les jours pluvieux.

Le pourcentage des jours pluvieux et très pluvieux confirme ce fait.

Pourcentage des jours pluvieux et très pluvieux à Cherbourg
en fonction de la température en altitude

<u>Température de la</u> <u>surface 500 mb</u>	<u>Pourcentage des</u> <u>jours pluvieux</u>	<u>Pourcentage des jours</u> <u>très pluvieux</u> <u>(au moins 10 mm)</u>
- 10° - 14°	50 %	17 %
- 15° - 19°	32 %	12 %
- 20° - 24°	48 %	18 %
- 25° - 29°	52 %	14 %
- 30° - 34°	80 %	32 %
- 35° - 39°	67 %	0 %
- 40° - 44°	100 %	0 %

Il n'y a pas d'évolution très nette dans ces pourcentages.

Les jours de pluie sont un peu plus fréquents si l'air est froid en altitude. Par contre, les fortes pluies deviennent très rares. Les causes qui expliquent cette absence de corrélation sont nombreuses :

- La température en altitude ne montre guère le passage des fronts au sol.

- Si le gradient thermique augmente lorsque la tempéra-

ture diminue en altitude, l'humidité absolue contenue dans la masse d'air devient de plus en plus faible et l'intensité des pluies diminue donc.

- Au chapitre précédent, nous avons souligné l'importance de la circulation zonale pour expliquer les fortes pluies. Dans le cas d'une circulation zonale, la température en altitude diminue régulièrement du Sud au Nord. En raison de la position en latitude de la Normandie, il est très rare que, dans ce cas, les températures soient très basses.

La température moyenne de la surface de 500 mb varie au cours des saisons.

La moyenne, à 500 mb, au-dessus de Cherbourg, s'établit ainsi :

- Hiver	- 24°
- Printemps	- 21°8
- Eté	- 15°
- Automne	- 18°8

Cette moyenne ne correspond pas exactement à la réalité ; l'année se divise en deux parties :

1°- de Novembre à Avril : - 22° à - 24°8

2°- de Juin à Septembre : - 14°6 à - 16°1.

Mai et Novembre représentent, comme pour les températures au sol, deux mois de transition. Aussi les moyennes de printemps et d'automne n'ont-elles pas grande signification. Pendant ces trois années, la moyenne la plus haute et la plus basse de chaque mois confirme cette séparation de l'année en deux :

	<u>Moyenne</u>	
	<u>la plus haute</u>	<u>la plus basse</u>
Janvier	- 24°4	- 25°4
Février	- 21°8	- 26°1
Mars	- 23°6	- 25°5
Avril	- 21°1	- 23°4
Novembre	- 21°6	- 23°5
Décembre	- 23°7	- 25°6

et pour les mois chauds :

Juin	- 14°9	- 17°6
Juillet	- 13°6	- 16°6
Août	- 12°3	- 16°5
Septembre	- 14°3	- 15°5

pour les deux mois de transition :

Mai	- 17°7	- 20°5
Octobre	- 16°9	- 21°2

La comparaison de la température moyenne de la surface de 500 mb et de celle du sol, à Cherbourg, pendant ces trois années (Voir croquis R, p. 191), montre une similitude des deux courbes, mais avec un retard pour le niveau élevé. Le réchauffement débute en Mars au sol, en Avril en altitude ; le refroidissement commence dès Septembre au sol, en octobre en altitude.

Le gradient thermique varie peu d'un mois à l'autre. C'est en Février qu'il est le plus faible avec 29°7 (anti-cyclone dynamique coiffant souvent un anticyclone thermique au sol) et en Novembre qu'il est le plus élevé : 32°6. Il y a peu d'écart entre l'hiver et l'été :

Gradient moyen en été 31°4
 en hiver 31°1

Il est nécessaire d'examiner les liens entre le temps au sol et la température en altitude, en été, comme nous l'avons fait en hiver.

Variations de la température et de la pluviosité, à Cherbourg, en fonction de la température de la surface de 500 mb pendant les trois étés 1958, 1959, 1960

<u>Température à 500 mb</u>	<u>Moyenne des tn</u>	<u>des tx</u>	<u>de la pluviosité</u>
- 5° à - 9°	15°4	19°8	1,7 mm
- 10° - 14°	14°	19°9	1,4
- 15° - 19°	12°9	18°4	2,2
- 20° - 24°	12°7	17°9	1,8
- 25° - 29°	14	19°	0

La dernière ligne n'est citée qu'à titre d'information car il n'existe qu'un cas dans cette catégorie. Les températures minima varient comme la température de la surface en altitude. Cette variation est plus faible pour les températures maxima. Ce phénomène est l'inverse de ce qui se passe en hiver. Dans la journée, la durée de l'insolation joue le rôle le plus important. Dans la nuit, une masse d'air chaude se refroidit moins vite qu'une masse d'air froide.

Le coefficient de corrélation entre les températures minima et la température de la surface à 500 mb est plus significatif que pour les températures maxima. Il atteint, pour 272 paires de valeur :

$r = 0,33$ pour les températures minima

$r = 0,27$ pour les températures maxima.

Ces coefficients nous montrent l'importance de la température de la surface à 500 mb pour expliquer les différences de température. Cette température de l'air en altitude symbolise, en quelque sorte, la température de toute l'épaisseur de la masse d'air et de son pouvoir de réchauffement ou de refroidissement plus ou moins grand.

Le pourcentage des températures minima basses et des températures maxima assez élevées en fonction de la température de la masse d'air en altitude confirme ces liens.

Pourcentage des températures minima inférieures à 15° et maxima égales ou supérieures à 20°, en fonction de la température de la surface 500 mb, à Cherbourg, pendant les trois étés 1958 - 1960

<u>Température à 500 mb</u>	<u>Pourcentage des T° inférieures à 15°</u>	<u>Pourcentage des T° égales ou supérieures à 20°</u>
- 5° à - 9°	31 %	56 %
- 10° - 14°	52 %	50 %
- 15° - 19°	84 %	21 %
- 20° - 24°	86 %	14 %
- 25° - 30°	100 %	0 %

La moyenne - 15° de la température de la surface de 500 mb, en été, représente une séparation assez nette entre deux temps au sol assez différents. Au-dessus, la majorité des températures minima sont supérieures ou égales à 15° ; au-dessous, les températures minima égales ou supérieures à 15° et les températures maxima égales ou supérieures à 20° deviennent rares : une fois sur cinq au maximum,

L'influence de la température de la surface 500 mb sur la pluviosité est nulle ou très faible. Les coefficients de corrélation atteignent - 0,09 si l'on considère la totalité des jours, - 0,03 uniquement pour les jours pluvieux.

L'influence d'une coulée froide ou d'une goutte froide en altitude ne dépend pas de la présence in situ d'air froid. Il serait donc plus juste de parler de dorsale chaude plutôt que de coulée chaude ; et de thalweg froid ou dépression froide plutôt que de coulée froide ou de goutte froide.

Si un lien étroit existait en altitude entre pression et température de l'air, il serait possible de n'envisager que les pressions qui expliqueraient mieux l'influence de la situation en altitude sur les précipitations.

Aussi allons-nous examiner pour l'hiver et pour l'été les liens entre surface isobarique et température.

Température et altitude de la surface isobarique à Cherbourg

<u>Température de la surface 500 mb</u>	<u>Été</u>	<u>Automne</u>	<u>Hiver</u>
- 8°	590	-	-
- 9°	580	582	
- 10°	582	582	
- 11°	578	580	
- 12°	577	574	
- 13°	575	578	564
- 14°	573	572	564
- 15°	571	571	574
- 16°	568	572	572
- 17°	565	570	570
- 18°	565	563	568
- 19°	569	546	564
- 20°	561	553	550

<u>Température de la</u> <u>surface 500 mb</u>	<u>Eté</u>	<u>Automne</u>	<u>Hiver</u>
- 21°	557	553	554
- 22°	553	560	553
- 23°	551	548	548
- 24°	-	546	552
- 25°	554	549	551
- 26°	-	552	541
- 27°	-	548	544
- 28°	-	539	535
- 29°	-	541	538
- 30°	-	-	539
- 31°	-	540	535
- 32°	-	530	531
- 33°	-	-	532
- 34°	-	-	525
- 35°	-	-	558
- 36°	-	-	529
- 37°	-	-	522
- 38°	-	-	523
- 39°	-	-	-
- 40°	-	-	522
- 41°	-	-	514

Nous avons estimé la température de la surface de 500 mb et son altitude. Une marge d'erreur peut donc exister. Elle atteint au plus 1° pour les températures, et 3 décimètres pour l'altitude. Ces pourcentages, inférieurs à 10 %, restent faibles. Les chiffres qui commencent et finissent les colonnes sont les moins exacts car ils sont formés d'un très petit nombre de valeurs. L'altitude de 558 décimètres correspondant à la température - 35° est donnée par une seule mesure. Ceci explique ce chiffre aberrant dans un ensemble malgré tout assez cohérent.

L'altitude à laquelle on trouve une température donnée est à peu près semblable pour la saison chaude, pour l'hiver, pour la saison intermédiaire. Elle est en moyenne la même au cours de l'année. En été, par exemple, l'air chaud en altitude est très fréquent, et par conséquent, il est accompagné de hautes pressions. Le phénomène est contraire en hiver.

L'altitude moyenne, au cours de chaque saison, s'établirait ainsi à :

552	décamètres en hiver
553	au printemps
574	en été
564	en automne.

Mais ces chiffres ne représentent que des moyennes. Les variations d'un jour à l'autre peuvent être importantes. Aussi est-il nécessaire de rechercher le coefficient de corrélation entre altitude moyenne et température de la surface de 500 mb. Ce coefficient peut être variable selon les saisons.

Les températures s'échelonnent sur -18° en été,
-24° en automne,
-29° en hiver.

Le coefficient de corrélation atteint :

en été, pour 267 paires de valeurs :	0,80
en automne, pour 248 paires de valeurs :	0,72
en hiver, pour 258 paires de valeurs :	0,62

Même en hiver, le coefficient de corrélation est élevé.

Les écarts sont beaucoup plus élevés en automne et en hiver qu'en été :

L'écart-type est égal à	8,7	décamètres	en été
	15,2	"	en automne
	17	"	en hiver.

Il faut noter, au passage, que l'altitude moyenne trouvée par les calculs est assez voisine de celles notées ci-dessus :

548	décamètres	en hiver
562		en automne
570		en été.

Cette bonne corrélation existant entre température et altitude de la surface 500 mb, c'est-à-dire pression, nous permet d'étudier la situation en altitude, essentiellement à partir de la pression qui apporte des nuances plus variées comme nous avons pu le voir précédemment.

Il est intéressant d'étudier la superposition température et figure isobarique. Dans plus de la moitié des cas, les baisses de pression et de température ont lieu en même temps : c'est ce qui explique le fort coefficient de corrélation. Par exemple, le 4 Juin 1958, il y a à peu près identité entre isothermes et isohypses. Mais au sol, on ne retrouve pas la petite coulée froide et la goutte froide à -25° qui existent en altitude (voir cartes R, p. 192-193).

Le lendemain 5 Juin (R, p. 192), par contre, une coulée chaude s'amorce sur le proche océan. Il existe là un décalage fort important entre coulée chaude et dorsale de haute pression. Ce phénomène arrive assez fréquemment, dans plus du tiers des cas. Le 4 Juin, cette coulée chaude existait au sol : air tropical maritime chaud des perturbations 23c et 23d. Ce phénomène se retrouve seulement

le lendemain en altitude.

Les cas où la variation de température annonce la variation de pression sont très rares. Ils représentent environ 10 % des cas. Le 26 Mai 1968 (R, p. 194), une coulée froide sur la côte Est des Etats-Unis entraîne une remontée d'air chaud au niveau du 30° de longitude Ouest. Cette remontée d'air chaud ne fait que s'amorcer et n'apparaît pas dans la surface isobarique. L'isohypse 556 dam est à peu près Ouest-Est. Même situation au sol, à peine un léger col commence à se former. Au point 25° W et 50° N. Il y a donc augmentation de la température et baisse de pression.

Le 27 Mai (R, p. 195), la remontée d'air chaud s'est accentuée. Les isohypses sont à peu près calquées sur les isothermes. Au sol, la situation est semblable. Par contre, sur la côte Est des Etats-Unis, il y a un décalage entre le thalweg et la coulée froide. Celle-ci est nettement plus à l'Ouest. La dépression 532 dam coiffe la dépression D6. La coulée froide en altitude correspond au sol à l'air qui tourne autour de l'anticyclone centré sur le Canada là où se lisent les températures les plus basses : - 1 et - 2° ; mais l'on note 2°, 3° et même 10° au centre de D6 (carte, Rp. 196).

En résumé, la coulée chaude ou froide précède la dorsale ou le thalweg quand elle se fait d'abord sentir en altitude.

Les deux phénomènes sont superposés lorsqu'ils sont associés à une situation analogue au sol.

La dorsale ou le thalweg précèdent la coulée chaude ou froide lorsque la situation au sol exerce une influence prépondérante. Les pressions en altitude évoluent comme les températures de la surface de 500 mb. Or, les températures au sol peuvent continuer à monter ou à descendre après le passage de la crête et de la dorsale ; après le passage du centre de l'anticyclone, l'air vient généralement du secteur Sud et surtout Sud-Ouest , et les températures sont plus élevées qu'à l'avant de la crête . De même , après le passage d'un thalweg , l'air vient généralement du Nord ou du Nord-Ouest et est beaucoup plus froid . Les températures au sol influencent les températures en altitude et le décalage se produit entre la pression et la température.

Il est rare qu'une coulée ne se traduise pas par une modification du dessin isobarique. Si le champ de pression ne change pas, la coulée a une très faible différence de température avec les régions environnantes.

Au contraire , lorsque la coulée est bien contrastée , elle donne naissance à une dorsale très accusée ou un thalweg très creusé. Sur ses bords, un courant rapide s'établit, lié à un fort gradient de pression.

Cette rapidité du courant exerce peut-être une action sur les pluies, les températures ou le vent . D'autre part , il reflète la rencontre des masses d'air chaud et froid. C'est l'influence du courant sur le temps que nous allons maintenant étudier.

C)- INFLUENCE DE LA VITESSE DU COURANT EN ALTITUDE

La vitesse du courant en altitude dépend du gradient de pression. Plus celui-ci est élevé, plus le courant est rapide. Le gradient de pression est fonction, sur les cartes à 500 millibars, des différences d'altitude de la surface isobarique de 500 mb. Plus la pente de la surface est importante, plus les isohypses sont rapprochées. Pour apprécier la vitesse de la circulation en altitude, il suffit donc de calculer la distance séparant deux isohypses consécutives.

La principale difficulté consiste à apprécier cette distance. En effet, l'échelle de la carte de la surface de 500 millibars a varié plusieurs fois au cours des vingt années. Pour que le calcul de cette distance soit effectué le plus rapidement possible, nous avons choisi comme unité la longueur de l'arc de 1° de latitude, unité facilement mesurable quelle que soit l'échelle des cartes. Cette méthode est la seule valable pour la Normandie puisqu'il n'existe pas de sondage pour cette province.

Quelle est la valeur de cette méthode ? Pour Trappes, il est facile de connaître la vitesse du vent à 500 millibars. Il suffit alors de mesurer la distance entre deux isohypses, les plus proches de la station, et voir si une corrélation suffisante existe entre la vitesse du vent et le dessin des isohypses sur la carte.

Si la méthode est simple, les causes d'erreur restent malgré tout assez nombreuses :

1°- L'isohypse peut se trouver juste au-dessus de la station. Le problème consiste à choisir à bon escient la deuxième isohypse ou de faire la moyenne entre les deux distances. L'examen de la situation en altitude doit être fait avec minutie.

2°- La station peut être à la limite de deux types de circulation, l'une lente, l'autre rapide. Même si les isohypses sont éloignées, il est possible que la circulation de la station soit quand même plus rapide que la simple mesure des deux isohypses ne semble l'indiquer.

3°- La distance entre deux isohypses traduit mal la réalité de la circulation lorsque la station se trouve au centre d'une dépression ou d'un anticyclone ou sur l'axe d'une vallée ou d'une dorsale.

4°- Les distances entre deux isohypses peuvent être semblables, mais dans un cas il y a divergence de deux flux tandis que dans l'autre, il peut y avoir convergence.

Le 31 Janvier 1959, il n'existe pratiquement aucune isobare sur la partie Ouest de la France. Le courant est assez fort : 14 m/s, à 12 heures T.U. à Trappes.

5°- Le tracé des isonypses n'offre pas une très grande précision.

Toutes ces raisons expliquent pourquoi la corrélation entre la distance séparant deux isohypses et la vitesse du vent à 500 mb (ces deux valeurs étudiées à Trappes à 12 heures T.U.) est bonne, certes, mais moins élevée que l'on pourrait s'y attendre.

$r = 0,73$ pour 100 paires de valeur. Le taux maximum d'0 au hasard atteint seulement 0,26.

Les 100 valeurs représentent les jours où il a été possible de connaître la vitesse du vent à 500 mb à Trappes pendant tout l'hiver 1958, Janvier 1959 et jusqu'au 8 Février 1959.

Pour une distance de :

0°7 à 0°9 de latitude, la vitesse moyenne est de	33 m/s
1° à 1°2	23
1°3 à 1°5	17

Nous estimerons qu'un courant est rapide lorsque la distance séparant deux isohypses est égale ou inférieure à 1°5 (ou 3° entre 8 dam). Nous nous sommes plutôt servie de cette dernière définition car la distance entre deux isohypses est actuellement de 8 dam et non plus de 4. Avec cette définition, 10 % des vents de 15 m/s et plus échappent à notre contrôle. Dans cette catégorie, 10 % des vents seulement ont une vitesse inférieure à 15 m/s.

Malgré ces réserves, nous étudierons de cette façon la vitesse de la circulation en altitude au-dessus de la Normandie. Nous classerons les circulations en altitude selon 5 rubriques :

1°- La partie centrale du courant, repérable facilement : la distance entre deux isohypses est la plus courte qu'il soit (catégorie C).

2°- De part et d'autre de ce centre, la partie rapide du courant : la pente de la surface de 500 mb est inférieure à

4 dam par 1°5 de méridien, ou encore à 8 dam par 3°. La partie proche des plus basses pressions (CD) et celle voisine des hautes pressions (CA) seront étudiées séparément.

3°- Le courant lent. Il sera lui aussi divisé en deux parties, l'une vers les basses pressions (LD), la seconde (LA), vers les hautes pressions (R, p. 197).

Ces études seront effectuées pour les trois mois d'hiver des années 1958, 1959, 1960, en prenant comme référence la station de Cherbourg.

Les éléments du temps en fonction de la vitesse du courant à Cherbourg relevés à 12 heures T.U. pendant les trois hivers 1958-1959-1960

<u>Types de vitesse</u>	LA	CA	CE	CD	LD
<u>Nombre de cas</u>	66	53	75	34	42
Maxima de température	9°	10°3	9°1	8°2	8°5
Minima de température	4°2	6°9	6°	4°3	4°5
Amplitude	5°8	3°4	3°1	3°9	4°
Pluviosité de 6 à 18 h. en mm	0,3	2,9	3,3	3	2,2
Vitesse du vent à 12 h. en m/s	3,3	5,5	6,5	6,4	3,1

Deux séries de différences apparaissent : les premières en fonction de la vitesse, les secondes en fonction de la position de la station par rapport au courant.

La vitesse agit :

1°- sur l'amplitude. Plus la vitesse du courant est grande, plus l'amplitude est faible. Deux explications sont possibles : la plus forte nébulosité et la rapidité de la masse d'air qui égalise les températures.

2°- sur la pluviosité : plus la vitesse est grande, plus la pluviosité est forte. Il y a assez peu de différences entre les trois catégories distinguées dans le courant rapide.

3°- sur la vitesse du vent au sol. Cette influence est du reste normale puisqu'il s'agit généralement d'une même masse d'air. Cette influence de la situation en altitude se marque surtout par marais barométrique au sol. Il n'existe alors aucune direction particulière du vent au sol, mais le courant d'altitude entraîne les perturbations.

La position par rapport au courant est importante, surtout pour les températures maxima qui sont plus élevées dans la partie située vers les hautes pressions. L'air chaud en altitude entraîne un réchauffement dans la journée plus rapide, comme nous l'avons vu au chapitre précédent. L'amplitude est très forte dans la catégorie LA pour deux raisons :

- les maxima sont élevés pour la raison précédemment évoquée,
- les minima sont les plus bas car cela correspond le

plus souvent à des anticyclones qui favorisent une forte radiation nocturne.

La pluviosité est plus faible pour la même raison.

Soulignons la pluie faible dans les régions dépressionnaires, mais à l'écart du courant : 2,2 mm en 12 heures.

La Normandie est plus souvent dans la partie située vers les hautes pressions, par rapport au centre du courant. Le centre du courant peut, du reste, se trouver aussi bien dans les hautes pressions que dans une zone dépressionnaire.

Pour éliminer cette influence de la position de la station par rapport au centre du courant, l'étude va désormais porter sur la partie centrale. Il sera ainsi possible d'examiner avec un peu plus de précision l'influence de la vitesse.

La vitesse est mesurée en fonction de la distance géographique entre deux isohypses différant de 8 dam. Il y a, bien entendu, une part d'erreur dans cette méthode, mais on arrive toutefois à donner une idée de l'influence de la vitesse.

Les éléments du temps en fonction de la vitesse du courant à Cherbourg, relevés à 12 heures T.U. pendant les trois hivers 1958-1959-1960. Le centre du courant passe dans la région de Cherbourg.

Largeur du courant	1° : 1°4	1°5 : 1°9	2° : 2°4	2°5-2°9	3° & +
Température maximum	9°5	8°8	8°8	10°3	8°3
Température minimum	6°	5°9	5°8	5°6	4°1
Amplitude	3°5	2°9	3°	4°7	4°2
Précipitations en 12 heures (en mm)	3,9	4,6	3,2	1,7	0,7
Vitesse du vent	8,6	7	6,9	4,3	2,9

La vitesse du vent au sol est très dépendante de la circulation en altitude. Au lieu de $r = 0,30$, valeur extrême réalisée par le hasard sans corrélation, nous trouvons $r = 0,56$. La vitesse du vent au sol baisse rapidement lorsque la distance correspondant à 8 dam est supérieure à $2^{\circ}4$ de latitude. Il est assez rare que la masse d'air au sol et celle à 500 mb soient indépendantes l'une de l'autre. L'intérêt de connaître l'influence de la situation en altitude joue surtout pour les cas où le gradient barométrique est faible au sol (anticyclones, marais barométriques), pour les cas de dépressions et d'anticyclones thermiques. Le plus souvent, une circulation rapide en altitude est liée au sol à un passage accéléré des perturbations.

Il n'y a pas de corrélation réelle entre la quantité des précipitations et la vitesse du courant à 500 millibars :

$$r = 0,25.$$

Le coefficient monte à 0,30 si l'on met à part les jours sans pluie. On ne peut guère parler de corrélation dans ce cas. Le pourcentage des jours sans pluie augmente un peu avec la diminution de la vitesse du courant en altitude.

Pourcentage de jours sans pluie en fonction de la distance horizontale correspondant à une dénivellation de 8 dam

1° à 1°4	25 % de jours sans pluie
1°5 à 1°9	39 %
2° à 2°4	55 %
2°5 à 2°9	50 %
3° et plus	86 %

Rappelons que ces mesures sont effectuées au centre du courant, là où il est le plus rapide.

Dès qu'un courant est lent, d'après la définition donnée au début de ce chapitre, les pluies deviennent rares.

Le simple examen de la variation des températures maxima en fonction de la vitesse du courant montre l'absence d'influence de la situation à 500 mb. La température minimum baisse en fonction de la vitesse du courant, mais ce phénomène doit être lié à la nébulosité qui diminue avec la vitesse du courant, les pluies étant plus rares. L'amplitude est très variable. Ces résultats, différents de ceux émis p. 299, permettent de poser une question qu'il va falloir résoudre : le centre du courant exerce-t-il une influence indépendamment de la vitesse ?

Avant de traiter ce problème, on va étudier l'influence du gradient barométrique du courant rapide uniquement pour les 75 cas où le centre du courant passe au-dessus de Cherbourg.

On compte le nombre d'isohypses qui répondent à cette définition : la distance correspondant à 8 dam est égale ou inférieure à 3°. Pour la période envisagée, les isohypses sont distantes de 4 dam. La limite du courant d'altitude est le plus souvent nette et de ce fait facile à définir.

L'influence du gradient barométrique du courant rapide
sur les éléments du temps à Cherbourg

Largeur du courant rapide (gradient barométrique) en nombre d'isohypses :	0 à 4	5 à 9	10 à 14	15 à 19
Température maximum	5°3	6°4	9°9	12°3
Température minimum	5°5	5°5	6°2	6°7
Amplitude	3°8	0°9	3°7	5°6
Précipitations en 12 h.	1,1 mm	2,5	5,4	7,1
Vitesse du vent en m/s	3,8	6,5	7,5	7,6

Ce tableau ressemble assez à celui de la p. 301.

1°- Rien de très net n'apparaît pour les températures maxima et l'amplitude. Pourtant, à partir d'une certaine largeur du courant rapide, l'augmentation des températures est sensible.

Le pourcentage des températures maxima égales ou supérieures à 10° est très net :

De 0 à 4 isohypses :	42 %	des températures sont supérieures à 10°
5 à 9	"	37 %
10 à 14	"	72 %
15 à 20	"	100 %

La première catégorie correspond souvent à des anti-cyclones peu nuageux où la radiation solaire peut intervenir efficacement. Ce n'est pas le cas des autres catégories où la quantité des précipitations augmente avec la température. On peut supposer que le courant rapide représente un obstacle à la pénétration des masses d'air froid, obstacle d'autant plus efficace qu'il est plus large.

Ces résultats sont valables pour une circulation zonale ou méridienne.

2°- Les minima de température croissent lentement à mesure que le gradient barométrique augmente pour les mêmes raisons.

3°- La variation des précipitations est beaucoup plus nette.

La corrélation entre la quantité des précipitations et la largeur du courant est un peu plus forte :

$$r = 0,33 \text{ au lieu de } 0,25.$$

Le pourcentage des jours sans pluie décroît quand le gradient barométrique s'élève.

Pour un gradient correspondant à :

moins de 20 dam courant rapide le pourcentage atteint	83 %
de 20 à 36 dam	51 %
de 40 à 56 dam	24 %
60 à 76 dam	0 %

Un courant rapide a un gradient très fort. Mais il arrive quelquefois que des vents en altitude soient très violents mais sur une bande étroite.

Pour une même vitesse au centre du courant (catégorie 1°5 à 1°9, la plus fréquente), on trouve des moyennes différentes selon la largeur du courant :

	5 à 9 isohypses c'est-à-dire : 20 à 36	10 à 14 isohypses 40 à 56 dam
Température maximum	7°4	9°6
Température minimum	5°	6°6
Amplitude	2°4	3°
Précipitations en 12 h.	2,8	4,3
Vitesse du vent	5,7	8,1 m/s
Nombre de cas	10	14

Ces résultats partiels obtenus pour une même vitesse de courant confirment ceux relevés à la page précédente. La largeur du courant rapide en altitude représente un élément non négligeable de différenciation des types de temps :

- plus le courant est large, plus les températures (surtout les maxima) sont élevées, plus les précipitations sont fréquentes et importantes, plus le vent est fort.

L'élimination de la largeur du courant permettra de voir quels éléments sont le plus influencés par la vitesse proprement dite.

Vitesse du courant :	1 à 1°4	1°5 à 1°9	2° à 2°4	2°5 à 2°9
Moyenne des tx	7°3	7°8	7°6	8°
Moyenne des tn	5°	5°8	6°1	4°3
Amplitude	2°3	2°	1°5	3°7
Précipitations en 12 h.	2,5	2,5	2,6	2,3
Vent en m/s	8	5,5	7,5	2,7
Nombre de cas	6	13	13	3

L'influence de la vitesse du courant en altitude n'est bien souvent que le reflet de l'influence de la largeur du courant rapide :

- moyenne des températures maxima sensiblement équivalente,
- moyenne des températures minima variable. Ce n'est qu'à partir du moment où le courant devient très lent que la température minimum baisse.
- l'amplitude variable. Elle ne devient plus élevée, là encore, qu'au moment où le courant devient très lent.

- précipitations semblables quelle que soit la vitesse du courant ;

- vent assez fort lorsque le courant est rapide, mais sans évolution bien marquée dans ce cas.

En conclusion, deux notions importantes apparaissent :

1°- la notion de courant rapide et de courant lent.

La limite est nette lorsque les isohypses représentant une différence de 8 dam sont distantes de 2°5 ou 3°. Cela signifie une vitesse du courant en altitude de 15 à 20 m/s. (1)

2°- la notion de largeur du courant rapide : plus ce courant est large, plus la température est élevée, les précipitations importantes, le vent fort.

Ces éléments ne représentent qu'un facteur de différenciation des types de temps à côté des masses d'air ou des fronts. Les coefficients de corrélation sont donc faibles ; dans chaque catégorie, il existe de nombreuses variantes. Il reste encore à voir si le centre du courant exerce une action.

Pendant les trois hivers, pour une rapidité de courant représentée par une distance de 1°5 à 1°9 pour 8 dam et une largeur du courant rapide comprise entre 10 et 14 degrés

(40 et 56 dam), on va comparer les éléments du temps selon la position de Cherbourg au centre du courant

(1)- Nous garderons ce chiffre de 3°, plus facile à mesurer et représentant la quasi-totalité des cas de courant rapide en altitude. Un courant lent aura :

- des minima plus bas,
- une amplitude plus forte,
- peu de pluie,
- des vents faibles.

(CE), vers les basses pressions (catégorie CD), vers les hautes pressions (CA).

Eléments du temps en fonction de la position de Cherbourg dans le courant d'altitude, relevés à 12 heures T.U., pendant les trois hivers 1958-1959-1960

(Pente de la surface isobare 8 dam / 1°5 à 1°9, largeur du courant 10 à 15° de méridien)

Position de Cherbourg	CA	CE	CD
Température maximum	10°	9°6	9°5
Température minimum	6°7	6°6	7°
Amplitude	3°3	3°	2°5
Précipitations en 12 h.	3,5	4,3	21,6
Vitesse du vent	4,6	8,1	7
Nombre de cas	9	14	2

Eléments du temps en fonction de la position de Cherbourg dans le courant d'altitude, relevés à 12 heures T.U., pendant les trois hivers 1958-1959-1960 (pente de la surface isobare 8 dam / 2° à 2°4, largeur du courant 10 à 15° de méridien)

Température maximum	10°5	8°2	9°
Température minimum	7°2	5°2	5°9
Amplitude	3°3	3°	3°1
Précipitations en 12 h.	3,5	2,9	3,6
Vitesse du vent	5,6	6,2	6,2
Nombre de cas	6	5	8

L'étude de ces deux tableaux montre davantage la différence entre la partie "basses pressions" et la partie "hautes pressions" du courant que l'influence du centre proprement dit. Seul, le vent est légèrement plus rapide, surtout par rapport à la catégorie CA. L'amplitude qui

était la plus faible dans le tableau de la page 299 dans la catégorie CE s'explique par la vitesse plus forte en moyenne. Quand cette vitesse est la même, le centre n'apparaît pas particulièrement privilégié.

A vitesse et largeur de courant semblables, la catégorie CE par rapport à C₀ a toujours :

- des températures maxima plus élevées,
- une amplitude légèrement supérieure,
- des précipitations plus faibles,
- des vents moins forts.

Pour éviter des subdivisions par trop nombreuses dans l'étude ultérieure, nous garderons la notion de courant rapide et de courant lent. La distinction entre C₀ et C₁ se fait d'elle-même lorsque le courant n'est pas zonal puisque l'on distingue des crêtes et des vallées.

Avant de terminer ce chapitre, examinons concrètement deux exemples de l'influence du courant en altitude.

Le 3 Janvier 1961, à 16 h. l. l. au sol (R, p. 198), un anticyclone est centré sur l'Espagne et le courant est lent. Une queue de front chaud n'a pas encore atteint la Normandie. La pression en Normandie est comprise entre 1020 et 1025 millibars. Rien ne justifie des pluies avec une telle situation au sol. Si l'on regarde la carte des précipitations (R, p. 199), entre 6 et 18 heures, on note jusqu'à 4 millimètres à Rouen. Ceci représente des précipitations non négligeables. L'examen de la situation en altitude (R, p. 200) indique la position de Cherbourg à l'avant d'une crête, au centre d'un courant rapide 8 dam / 2°8, large de 4° de méridien. Les pluies en Normandie sont nettement en

liaison avec ce courant rapide ; au Sud de l'Angleterre, les pluies sont quasiment inexistantes. De même, si l'on compare la carte des températures (R, p. 199) avec celle du courant en altitude, on voit qu'il n'existe aucune température supérieure à 11° au Nord de la partie la plus rapide du courant, à l'exception d'Orléans et de Dijon. Nous avons tracé la limite des 5 catégories :

- Catégorie LA : pas ou peu de pluie, températures maxima, dans l'ensemble, supérieures à 13°.

- Catégorie CA : pluie faible. Les précipitations les plus importantes sont à proximité du front. La température varie de 11 à 13°.

- Catégorie CE : pluie dans la partie Nord. Les températures varient entre 11-12°.

- Catégorie CD : pluies plus importantes en moyenne. Les températures sont, le plus souvent, comprises entre 10 et 11°.

- Catégorie LD : pluies plus faibles. Soulignons que nous sommes dans une zone de basses pressions, tant au sol qu'en altitude, et malgré cela les pluies ne sont pas très importantes. Les températures deviennent inférieures à 10°.

Nous avons là un bon exemple de courant rapide en altitude qui explique en grande partie le temps du jour.

Le 2 Janvier 1959 (R, p. 201 à 203), la circulation en altitude est beaucoup plus rapide : la distance la plus faible pour $\Delta z = 8$ dam, sur la France de l'Ouest, atteint 1°4 entre l'isohypse passant par Nantes et celle d'Alençon. Cherbourg se situe donc en CD, mais le courant est presque aussi rapide. Le gradient barométrique dans la partie rapide est représenté par 12 isohypses. La Normandie se situe presque entièrement dans la traîne de la perturbation 52 b. Le front, à 5 heures du matin, se trouve au Sud et à l'Est de la Normandie, et le soir, à 18 heures T.U., il atteint l'Allemagne. Les pressions sont assez basses. Cet exemple montre que le centre du courant n'est pas toujours au même niveau :

entre 540 et 544 à Brest
532 et 536 à Reims
526 et 532 à Berlin.

Le temps du 2 Janvier va varier là encore selon la position par rapport au courant :

- catégorie LA : pas de pluie. Dans les plaines, la température est supérieure à 10° ;
- catégorie CA : précipitations parfois importantes mais toujours inférieures à 10 mm. La température varie en général entre 6 et 12°. La partie à l'arrière du front froid est plus chaude qu'à l'avant du front chaud, car l'air maritime remplace l'air continental. Ce phénomène se retrouve dans toutes les catégories.

- catégorie CE : pluies importantes, surtout à l'Est. Le passage du front coïncide avec les fortes précipitations. Les maxima les plus fréquents s'échelonnent entre 5 et 11°.

- Catégorie CD : précipitations aussi importantes. Elles diminuent à mesure que le courant devient moins roide. Les températures sont à peu près équivalentes.

Ces résultats confirment ceux obtenus dans les moyennes effectuées au début de ce chapitre. La circulation en altitude renforce la pluviosité liée au front. Deux perturbations identiques au sol provoqueront des précipitations différentes si l'une est surmontée d'un courant lent et l'autre d'un courant rapide.

D)- LA POSITION DE LA STATION PAR RAPPORT AU DÉPLACEMENT DU COURANT D'ALTITUDE.

Le problème est plus facile à traiter pour le courant zonal. Le courant Ouest-Est, lorsqu'il se déplace de l'Angleterre vers la Normandie, apporte-t-il davantage de précipitations qu'un courant qui, primitivement situé au

Sud de la France, régresse vers le Nord ?

Lorsque le courant n'est pas rectiligne, il faudra déterminer la partie de la crête ou de la vallée qui engendre le plus de pluie.

Lorsque le flux zonal se déplace vers le Sud, la Normandie est d'abord intéressée par la catégorie CA, puis par CR et enfin par CD. Le courant le plus rapide ne dépasse guère l'Espagne. Ce déplacement vers le Sud s'accompagne de précipitations importantes.

Précipitations liées au déplacement vers le Sud du courant zonal selon les diverses positions du flux rapide par rapport à Cherbourg

<u>Catégorie</u>	<u>CA</u>	<u>CR</u>	<u>CD</u>
Nombre de cas	6	12	12
Précipitations en 12 h.	8 mm	14,4 mm	6,3 mm
Pourcentage des précipitations supérieures à 10 mm en 12 h.	33 %	75 %	25 %
5 mm	83 %	100 %	67 %

Ces chiffres très élevés, tant en quantité moyenne qu'en fréquence, soulignent l'importance de cette migration vers le Sud du courant zonal liée à une descente d'air froid. Le point maximum de la poussée correspond à la partie la plus rapide du courant. Ensuite, le phénomène s'atténue. Le courant va se déplacer à nouveau vers le Nord ; il est très rare que l'on trouve une phase CD en Normandie car le courant zonal est rarement très au Sud, et en 24 heures Cherbourg est atteint par le courant le plus rapide. Enfin, on retrouve la phase CA. La Normandie est recouverte de nouveau par les hautes pressions.

Précipitations liées au déplacement vers le Nord du courant zonal selon les diverses positions du flux rapide par rapport à Cherbourg

Catégorie	CD	CR	CA
Nombre de cas	1	7	11
Précipitations en 12 h.	5	6,2	6,6
Pourcentage des précipitations supérieures à 10 mm en 12 h	0 %	13	27 %
Supérieures à 5 mm	100 %	43 %	45 %

Il semble bien que la poussée vers le Sud du courant zonal s'arrête immédiatement après le passage de la partie la plus rapide du courant. Ensuite, la fin du glissement vers le Sud et la remontée de tout l'ensemble du courant vers le Nord apportent des pluies sensiblement équivalentes, dues au passage des perturbations, à la vitesse du courant ...

Ces chiffres soulignent l'importance des masses d'air froid comme facteur dynamique de la circulation atmosphérique.

Il n'est pas aussi facile d'étudier l'influence de cette poussée lorsque vallées et crêtes se succèdent. Les crêtes abordent le plus souvent la Normandie soit en venant de l'Ouest, soit en venant du Nord. Il arrive parfois même qu'une vallée, par exemple, régresse légèrement vers l'Ouest. Il est plus simple, de ce fait, de diviser la vallée ou la crête en fractions et de voir le temps qu'il fait à Cherbourg lorsque telle ou telle partie recouvre la région. Le graphique R, p. 204, reproduit les diverses appellations de ces divisions. Celles-ci ont été faites en fonction de l'axe de la crête ou de la vallée. Il aurait été possible de

séparer les divisions obtenues en cinq parties comme nous l'avons fait précédemment ; on aurait eu ainsi un V2 CD ou V2 LD ... Cette multiplication des divisions aurait eu un gros désavantage : les exemples n'auraient pas été assez nombreux pour donner des résultats significatifs. Deux classifications seulement ont été faites :

- la première portant sur l'ensemble des cas de chaque fragment de la crête ou de la vallée,
- la deuxième ne comprenant uniquement que les cas de circulation rapide (catégories CD-CE-CH).

Le temps à Cherbourg en fonction de la position de la station par rapport aux diverses positions des vallées ou crêtes à 500 mb au-dessus de la station pendant les trois hivers

1958-1959-1960

<u>Forme de la crête ou de vallée</u>	<u>Température maximum</u>	<u>Température minimum</u>	<u>Amplitude</u>	<u>Précipitations en mm</u>	<u>Vent en m/s</u>	<u>Nbre de cas</u>
V7	7°6	4°6	3°2	1,9	5,5	29
V1	7°2	4°6	2°6	0,7	7,3	15
V2	7°2	4°3	2°9	1,4	5,9	11
V3	8°5	3°8	4°7	3,5	3,8	11
V4	10°1	6°4	3°7	3,1	5	8
V5	10°4	6°9	3°5	2,7	5,2	14
V6	10°6	6°9	4°	1,5	4,4	17
V8	10°	6°	2°	0,2	8	1
V9	5°8	2°7	3°1	0,5	6,9	9
VD	6°	4°	2°	0	1	1
z	10°	6°5	3°5	5	5,5	66

C6	12°	9°5	1°5	5,2	2,5	2
C5	9°5	6°5	3°	2,9	4	6
C4	11°3	6°7	4°6	1,6	5,3	18
C3	8°5	2°9	5°6	0,2	2,8	8
C2	9°5	6°1	3°4	0,1	2,9	16
C1	8°	4°	4°	1,4	3,7	7
C9	9°	2°6	6°4	0	5,2	5
C7	8°3	5°1	3°2	0,1	5,2	9
C8	6°5	4°5	2°	0	9,5	2
CD	8°8	2°5	6°3	0	1	4

Le temps à Cherbourg en fonction de la position de la station par rapport aux diverses positions des vallées lorsque la circulation en altitude est rapide

<u>Forme de la vallée</u>	<u>Température maximum</u>	<u>Température minimum</u>	<u>Amplitude</u>	<u>Précipitations</u>	<u>Vent</u>	<u>Nombre de cas</u>
V7	7°8	4°5	3°3	1,9	5,8	25
V1	7°6	4°9	2°7	0,2	7,9	13
V2	7°3	3°6	3°7	1,6	6,8	9
V3	8°	4°3	3°7	5,8	5,3	6
V4	9°8	6°	3°8	6,6	6,2	,
V5	11°6	8°9	2°7	1,7	7	7
V6	11°8	5°4	2°4	1,9	5,7	12
V8						0
V9	5°	2°4	2°6	0,7	9,4	5
z	10°1	6°4	3°7	5,7	5,8	55

Le temps à Cherbourg en fonction de la position de la station par rapport aux diverses positions des crêtes lorsque la circulation en altitude est lente

<u>Forme de la crête</u>	<u>Température maximum</u>	<u>Température minimum</u>	<u>Amplitude</u>	<u>Précipitations</u>	<u>Vent</u>	<u>Nombre de cas</u>
C6	-	-	-	-	-	0
C5	9°	6°7	2°3	0	3	3
C4	10°8	5°8	5°	0,6	5,1	11
C3	7°8	0°8	7°	0,2	2	6

C2	7°8	5°5	2°3	0,1	2,8	11
C1	8°5	5°5	3°	0	7	2
C9	7°5	1°	6°5	0	5,5	4
C7	9°2	4°	5°2	0	3	3
C8	7°	6°	1°	0	8	1
CD	8°8	2°5	6°3	0	1	4

Pour les températures, la distinction entre partie avant de la vallée et partie arrière est primordiale : la partie avant est liée à un temps plus chaud de 2 à 3° en moyenne. Elle est également plus pluvieuse. Quelles distinctions apparaissent dans le détail ?

Pour l'avant de la vallée :

1°- La température est légèrement plus élevée à mesure que l'on s'éloigne de l'axe de la vallée. Cette distinction apparaît davantage si l'on considère uniquement les cas de circulation rapide en altitude. Ceci s'explique assez facilement : l'air vient du Sud-Ouest, lorsque Charbourg est situé dans la position V6. Dans le cas de la circulation rapide, en V1, l'air qui arrive en premier est suivi assez rapidement d'air de Nord-Ouest et les températures n'ont pas eu le temps de s'élever.

2°- Les précipitations les plus importantes correspondent à V4 et V3. Dans le premier tableau, V3 vient en tête pour la quantité moyenne des précipitations, car la proportion des cas de circulation rapide est plus élevée qu'en V4. Les positions V3 et V4 représentent les endroits où la

poussée de l'air froid est la plus importante. La masse d'air et la vallée qui y est liée se déplacent généralement vers le Sud et vers l'Est (en liaison avec la rotation de la terre). La résultante correspond à V4. Ces pluies sont du reste fort diverses : très fortes averses ou pluies faibles. Le pourcentage des pluies supérieures ou égales à 5 mm permet de compléter ces moyennes :

Catégorie V3 : 33 % des pluies supérieures ou égales à 5 mm
V4 : 40 %
V5 : 14 %
V6 : 16 %

Ces chiffres correspondent à un courant rapide ; ils soulignent l'importance des précipitations à l'extrémité avant de la vallée.

Les précipitations en V5 et V6 sont à peu près semblables.

A l'arrière de la vallée, les écarts entre les températures sont faibles. Si l'on considère exclusivement le courant rapide, il y a diminution des températures à mesure que l'on se rapproche de la courbure du thalweg.

La pluviosité est plus faible qu'à l'avant de la vallée, mais elle n'est pas très différente de celles des positions V5 et V6.

L'étude des photos de satellite confirme ces données.

Photos du satellite Essa 8 (Météorologie Nationale France C.E.M.S. Lannion) des 6 et 24 Novembre 1971 - R p. 206-208).

On voit très nettement la partie avant de la vallée, cartes de 500 mb (R, p. 207-209), formant une grande tache blanche (nuages assez variés : stratocumulus, altostratus, cirrus). Il y'a très peu de différences en altitude entre les deux photos, mais les deux cartes au sol sont un peu différentes :

- le 6 Novembre, à l'avant de la vallée, circulent des perturbations (R, p. 205) ;

- le 24 Novembre, la perturbation est au Sud de la photo (R, n. 210).

C'est donc bien la vallée d'altitude qui explique le système nuageux.

La partie arrière de la vallée est beaucoup moins nébuleuse (cumulus et stratocumulus). L'orientation des nuages montre bien la circulation rapide d'altitude. Dans la photo du 24 Novembre 1971, le front froid qui relie 55b et 55a n'apparaît guère en altitude.

Le centre de la vallée est plus ou moins nébuleux, mais les phénomènes convectifs l'emportent.

Ceci est extrêmement net sur la photo du 15 Avril (R, p. 212). Au sol, la Normandie se situe sur le flanc Est d'un anticyclone atlantique. En altitude, on distingue une coulée froide accompagnée d'un thalweg peu marqué qui s'étend sur l'Espagne et le Maroc. Au centre, le ciel est clair. On aperçoit nettement, sur la Royaume-Uni, la Mer du Nord et la Normandie, une coulée froide plus active. On devine le tracé de la côte ; sur la Normandie et le Nord

de la France, des cumulus et stratocumulus se forment. Mais sur la Mer du Nord, la Manche, l'eau est froide, la stabilité de la masse d'air est renforcée, le ciel est peu nuageux, même dans l'axe de la vallée. Dans ce cas précis, la partie arrière de la vallée (flux plus rapide qu'au centre) est nuageuse bien que les pressions soient hautes (R, p. 211-213).

La partie avant de la vallée est également très nuageuse. On voit nettement l'emboîtement des deux vallées. La partie avant de la vallée interne correspond à peu près à l'isohypse 556 dm de la carte de 500 mb. La partie de la vallée externe est marquée au sol par la présence du front froid ; et en altitude, la forte nébulosité est située à l'arrière de l'isotherme -15° .

En résumé, sur les photos de satellite :

a)- La partie avant de la vallée apparaît comme une grande tache blanche correspondant surtout aux positions V4 JS.

b)- La partie centrale est moins nébuleuse mais sensible aux phénomènes convectifs.

c)- La partie arrière, moins nuageuse que la partie avant, l'est souvent plus que le centre.

L'orientation générale des nuages se fait en fonction du flux rapide.

La vitesse du vent décroît à mesure que l'on se rapproche de l'axe de la vallée, puis décroît progressivement au-delà. Le vent, dans la partie arrière de la vallée,

est légèrement plus fort que dans la partie avant :

V1 : 7,3 m/s

V5 : 5,2 m/s

V2 : 5,9

V4 : 5

Lorsque la coulée s'affaiblit, l'extrémité de la vallée tend à se transformer en une dépression liée à une goutte froide en altitude. Dans ce cas, la Normandie peut être surmontée par une position V8 ou V9. L'air y est plus froid car il vient généralement d'Est, plus sec, mais la vitesse du vent y est assez forte. Le centre de la dépression est dans ce cas rarement éloigné.

Nous avons mis dans le tableau, à titre comparatif, les résultats trouvés pour le courant zonal. Lorsque celui-ci est assez rapide, le temps est voisin de celui lié à la position V4.

En comparant les résultats obtenus pour les vallées ou les crêtes, il semblerait qu'un glissement se produise :

C6 et C5 sont légèrement plus arrosées que V5 et V6

V1 est plus sec que C1. Si le courant est faible, cas le plus fréquent, les crêtes ne produisent guère de pluie.

La partie avant de la crête qui correspond à l'arrière de la vallée est légèrement plus froide que la partie arrière. Mais l'évolution des températures n'est pas aussi nette : C4 est bien la position la plus chaude, mais C1 est plus froide que C2 ou C9 dans l'ensemble des cas. L'amplitude est beaucoup plus élevée, en crêtes, lorsque la circulation est lente.

Les vents sont un peu plus faibles, surtout parce que la circulation est plus lente.

En résumé, il n'est peut-être pas nécessaire de séparer, avec autant de minutie, les diverses phases de l'onde planétaire. La distinction entre partie avant et partie arrière pourrait être suffisante. Le classement en fonction des températures maxima serait celui-ci :

- crête arrière : circulation rapide : 11 à 13° en moyenne, amplitude faible ;
- vallée avant : circulation rapide : 10 à 12°, amplitude moyenne ;
- vallée avant : circulation lente : 9 à 11°, amplitude de 2 à 3° comme précédemment ;
- crête arrière : circulation lente : 9 à 11°, amplitude plus forte ;
- crête avant : circulation rapide : 8 à 11°, amplitude forte ;
- crête avant : circulation lente : 7 à 9°, amplitude moyenne ;
- vallée arrière : circulation rapide : 7 à 10°, amplitude moyenne ;
- vallée arrière : circulation lente : 5° en moyenne, amplitude 4°.

La pluviosité est médiocre en crête, modérée dans les vallées, à l'exception de l'extrémité avant de celles-ci. Les caractères de ce dernier cas se rapprochent de la circulation zonale douce mais pluvieuse.

En résumé, quelle méthode choisir pour l'étude de la circulation en altitude ? Le critère le plus important est

le type de circulation :

- circulation zonale lente ou rapide,

dans les hautes ou basses pressions ;

- crête : partie avant, centrale, arrière et postérieure lorsque la dorsale est coupée, selon les deux types de circulation. La circulation lente, dans ce temps, correspondra à la quasi-majorité au cas LA.

- vallée : mêmes divisions que pour les crêtes, mais la circulation lente correspond en majorité au cas LD, aux températures maxima plus fraîches et à une pluviosité légèrement supérieure.

Des nuances s'ajoutent à ces distinctions importantes, en fonction de la vitesse du courant (sensible surtout sur les vents), du gradient barométrique, de la température en altitude.

*

* *

II- L'EVOLUTION DE LA CIRCULATION EN ALTITUDE

Est-ce utile d'étudier cette situation en altitude ?
Les types de temps au sol peuvent-ils être le reflet exact de ce qui se passe en altitude ?

A)- CIRCULATION EN ALTITUDE ET TYPE DE TEMPS

Un même type de temps peut correspondre à plusieurs types de circulation en altitude.

Le type de circulation le plus fréquent en altitude est, par temps de :

- Ouest 1 : crête avant lente
- Ouest 2 : circulation zonale rapide
- Ouest 4 : circulation zonale rapide
- Ouest 6 : circulation zonale lente (type LD)
- Nord-Ouest : circulation rapide ou vallée centre, ou vallée arrière, ou crête avant ;
- Anticyclone centré sur l'Europe centrale : la Normandie est au centre de la crête et la circulation est lente.

Nous allons arrêter là ces exemples, pour en choisir un plus en détail : le cas de Sud-Ouest. Nous ne relèverons que les cas qui comptent au moins 5 jours. Les résultats obtenus soulignent l'intérêt de la circulation en altitude :

Valeurs du temps à Cherbourg par type de Sud-Ouest pour les types les plus fréquents de circulation en altitude

<u>Type de circulation</u>	<u>Température maximum</u>	<u>Température minimum</u>	<u>Précipitations en 24 heures</u>
Circulation lente vallée avant LD	4°9	10°3	3,4
Circulation rapide vallée avant CD	7°	11°	11,6
Vallée avant CR	6°2	12°4	4,2
Vallée avant CA	6°6	14°3	2,8
Crête arrière CA	9°2	11°3	5,1
Crête arrière type lent	5°	10°9	2,3

L'influence sur les températures apparaît nettement ; pour les pluies, le petit nombre de cas perturbe les résultats, lorsqu'une forte averse s'abat sur la région, comme le 28 Janvier 1958 (type C6F) ; si l'on met ensemble les huit cas où le centre de la circulation rapide passe au-dessus de Cherbourg, la moyenne des précipitations atteint 5,1 mm.

Une meilleure compréhension du temps apparaît donc après l'étude de la circulation en altitude.

B)- L'ORGANISATION DE LA CIRCULATION EN ALTITUDE

Le deuxième avantage de l'étude de la situation en altitude, c'est la simplicité de l'évolution de la situation (par rapport à ce qui se passe au sol).

Le résumé de la situation en altitude des mois de Janvier et Février 1958 permettra de tirer quelques enseignements.

Du 1er au 3 Janvier 1958, une faible dorsale située sur l'Océan perturbe légèrement la situation zonale qui passe au Nord ou au Sud. Le 4, cette crête a disparu et un flux d'Ouest rapide atteint la France. Ce flux d'Ouest se déplace vers le Sud et atteint le 45ème parallèle le 7. Puis il revient progressivement vers le Nord.

Le 10, une coulée d'air froid part du Groënland et arrive le 11 en Normandie ; la circulation zonale sur notre région est remplacée par une vallée.

Une autre coulée froide atteint la côte des Etats-Unis et provoque une large dorsale sur l'Océan. Cette dorsale se déplace progressivement vers l'Est et touche la France le 14. Son extrémité s'infléchit de plus en plus vers l'Est, si bien que le 16, en altitude, l'air qui la contourne arrive de l'Est sur Cherbourg.

Le flux zonal se rétablit progressivement à des latitudes élevées. A mesure que la dorsale s'affaiblit, ce flux descend progressivement vers le Sud et atteint le 18 la Normandie. Mais une crête étroite et longue se développe entre le Canada et le Groënland et le courant zonal devient de plus en plus méridien ; une vallée atteint la région le 22.

Une nouvelle coulée froide de Nord-Est, partant de Scandinavie vers l'Océan, tend à rétablir très momentanément le courant zonal et provoque l'étaolissement d'une large vallée sur l'Océan. Cette vallée détermine par contrecoup une dorsale importante et durable sur l'Europe Occidentale.

Cette large vallée s'affaiblit sur place, sur l'Océan. C'est à peine si les isohypses esquissent une forme de vallée dans l'ensemble des hautes pressions qui règnent sur la France : 30 et 31 Janvier. La dorsale subsiste en France jusqu'au 4 Février ; un courant zonal lui succède.

Le 8 Février, une coulée froide part du Groënland et de la Scandinavie, arrive le 9 en Normandie, et une vallée importante se développe.

Une coulée froide de Nord-Ouest part des Etats-Unis, le 14, et entraîne par réaction une crête du Sud-Est au Nord-Ouest (voir cartes R, p. 214) et une nouvelle coulée froide part du Groënland vers l'Europe.

Ce résumé fort succinct de l'évolution en altitude de Janvier et d'une partie de Février 1958 montre l'interdépendance des types de circulation.

Le courant normal, du fait de la rotation de la terre, est le courant zonal, c'est-à-dire Ouest-Est. Il est plus souvent au Nord qu'au Sud de la Normandie, mais passe fréquemment à son niveau. C'est le principal responsable des types d'Ouest arrosés. L'évolution la plus fréquente est celle-ci :

1°- Il s'écoule à des latitudes septentrionales car des hautes pressions existent plus au Sud. Ces hautes pressions s'affaiblissent.

2°- Il descend alors progressivement vers le Sud, atteint nos régions, peut y rester, mais souvent il pousse vers le Sud, rarement plus loin que l'Espagne.

3°- Il revient alors vers le Nord ; l'air froid qui l'accompagnait a perdu de sa vigueur.

4°- Il est de nouveau au Nord de la Normandie, ayant laissé la place à de hautes pressions sur notre région.

La disparition du courant zonal sur notre région peut aussi avoir comme raison l'apparition d'une onde planétaire.

Les cas les plus fréquents sont alors :

- une large vallée sur le proche Océan provoquant un courant de Sud-Ouest,

- une dorsale sur le proche Océan entraînant un courant de Nord ou de Nord-Ouest,

- une vallée qui apparaît au niveau de la France (et le courant zonal se transforme alors en courant méridien).

Les coulées froides sont toujours accompagnées de vallées. Selon l'origine de ces coulées froides, les conséquences sur la France peuvent être diverses.

1°- Les coulées froides surviennent sur la côte Est de l'Amérique du Nord. Elles n'exercent pas d'action directe sur la France. Elles provoquent une remontée d'air chaud et de ce fait une dorsale sur l'Océan. Cette dorsale entraîne une rupture de la circulation zonale sur la France et

des temps froids. Nous avons exposé ce phénomène en détail dans notre article : "L'influence des blocages atlantiques sur les températures de la France". La dorsale ne se forme pas : a)- si la coulée est Ouest-Est, ce qui favorise au contraire la circulation zonale ; b)- si une coulée froide naît au niveau du Groënland et empêche la remontée vers le Nord de l'air chaud, et de ce fait, la formation de la dorsale.

Ces coulées froides se déplacent progressivement vers l'Est, mais il est très rare qu'elles arrivent jus qu'en Europe.

2°- Les coulées froides qui apparaissent du Groënland à la Scandinavie. Elles interviennent directement sur le temps en France. Trois cas existent :

A)- La coulée recouvre le proche océan. Elle entraîne alors une remontée d'air chaud et une dorsale sur l'Europe de l'Ouest ; la Normandie se trouve dans la partie arrière de la crête. La vallée reste plusieurs jours, souvent, à cet endroit, et progressivement la vallée grignote la crête et la Normandie est atteinte par la partie avant de la vallée.

La vallée peut, ou disparaître sur place, ou se déplacer lentement vers l'Est ; elle recouvre alors progressivement la région sur laquelle passe d'abord l'axe de la vallée, puis l'arrière de la vallée. Un courant de Nord-Ouest succède à un courant de Sud-Ouest.

B)- La coulée arrive directement sur la région.

Dans ce cas, le plus souvent elle renforce l'action d'un courant zonal, et au sol les perturbations d'Ouest ont des traînes actives. La Normandie reçoit alors la partie centrale, puis la partie arrière. Lorsque la coulée est très importante, il peut y avoir élargissement de la vallée. La partie postérieure gagne alors le proche océan.

C)- Le centre de la coulée froide et de la vallée qui y est liée recouvre soit la Normandie, soit l'Est de la France, soit l'Allemagne ; il se déplace progressivement vers l'Est. La Normandie est recouverte très vite par la partie arrière de la vallée, puis l'avant de la crête.

3°- Les coulées froides viennent du Nord-Est. Le plus souvent, la Normandie occupe le bord Nord ; la vallée évolue vers le Sud et notre région est atteinte par la dorsale.

Comment se termine le passage d'une coulée ?

1°- Par l'arrivée de la crête, comme nous l'avons déjà vu.

2°- Par scission de la coulée. La coulée froide s'affaiblit ; une goutte s'individualise, formant une dépression, et il peut y avoir un rétablissement du courant zonal au Nord de la goutte froide. Celle-ci peut se trouver au-dessus de notre région. Elle évolue alors souvent dans le courant de circulation générale, ne se déplaçant pas obligatoirement dans la direction précédente de la coulée.

Les dorsales sont le plus souvent la conséquence d'une coulée froide. Elles occupent généralement des positions privilégiées. Le cas le plus fréquent correspond à la dorsale établie sur le proche océan. Elle subsiste souvent assez longtemps dans cette position. Son extrémité Nord gagne de plus en plus des latitudes élevées et souvent s'infléchit vers l'Est. Le centre est d'abord sur l'Atlantique, puis la Grande-Bretagne, puis la Scandinavie. Le centre de la dorsale peut se déplacer vers l'Ouest si une nouvelle coulée chaude se produit sur le proche océan. A cette exception près, la succession normale est celle-ci : Cherbourg se trouve d'abord à l'avant de la crête : le temps est froid ; puis au centre, et enfin à l'arrière de la crête : le temps se réchauffe alors brutalement.

Les changements sont très rapides. Les situations qui subsistent le plus longtemps sur Cherbourg correspondent à J4, J5, J6, J1, J2. En effet, une coulée chaude qui arrive brutalement une coulée chaude peuvent se maintenir assez longtemps sur le proche océan, à peu près à la même place.

Nous avons recherché les deux situations les plus fréquentes qui succèdent à une certaine position :

V6	V5	V4
V5	V4	V6
V4	V2	V3
V3	ZF	V1
V2	C2	V1
V1	C2	V7
V7	V4	V2
V8	V8	
V9	C2	
C7	C1	
C1	C2	C7
C2	C3	C1
C3	C4	C2
C4	C5	V4
C5	C4	V4
C6	V4	
ZT	ZF	V4
ZS	ZF	ZR
ZR	ZS	ZF et V4
ZF	ZR	ZS et V4
ZE	C3	

Ces successions soulignent le déplacement vers l'Est des diverses vagues et secondairement le glissement vers le Nord ou vers le Sud d'une coulée chaude ou froide. Les crêtes succèdent aux vallées essentiellement après V1 et V2 ; les vallées succèdent aux crêtes après C4, C5, C6. Après V3, on voit apparaître fréquemment un courant zonal. Celui-ci est souvent suivi par V5 : une coulée froide vient perturber, au niveau de la France ou du proche Océan, le courant zonal. Ce phénomène correspond à des types de temps assez particuliers, que nous étudierons ultérieurement.

La combinaison de ces divers types de circulation donne la tonalité du mois. La prédominance d'un courant zonal rapide sur notre région engendre un temps doux et pluvieux. Un mois froid et sec comme Février 1959 compte un grand nombre de jours de circulation lente avec une prédominance de dorsales.

*

* *

III- LES PRINCIPAUX CARACTÈRES DE LA CIRCULATION EN ALTITUDE *****

² AU COURS DE L'ANNÉE *****

Ces trois années 1958-1959-1960 ne représentent qu'un exemple d'évolution.

A)- LA SITUATION EN HIVER

Pour ces trois hivers, la répartition des divers cas de la circulation en altitude s'établit ainsi :

Circulation zonale : 71 cas, soit un peu plus d'un jour sur quatre

Z LJ : 9 cas
Z CD : 14 cas
Z CR : 22 cas
Z CA : 22 cas
Z LA : 4 cas

La circulation zonale rapide est la plus fréquente sur notre région.

Les dorsales sont légèrement plus nombreuses : 60 cas.

	LA	CH	CR	CD	LD	TOTAL
C6	1	2				3
C5	7					7
C4	13	7	3			23
C3	6	2				8
C2	10	2			2	14
C1	8	2	2			12
C9	1	2	1			4
C7	3					4
C8	3			1		4
CD	1					1

Les parties circulières de la circulation sont les suivantes :
 - LA : circulation lente (le porteur de la charge)
 dans cette catégorie.

Les vallées représentent la situation la plus fréquente :
 42 sur 120.

	LD	CD	CR	CH	LA	TOTAL
V7	-	9	9	4	3	25
V1	1	2	2	4	-	9
V2	1	2	6	7	1	17
V3	1			4	7	12
V4	1		4	6	2	13
V5	1	1	1	1	0	4
V6	1	5	6		7	19
V8				2	1	3
V9			3			3
VD	1					1

Les secteurs choisis des vallées sont au nombre de 42 sur 120. Les possibilités de temps doux sont de 10 pour l'hiver un peu plus d'un jour en été.

La répartition par mois est la suivante :

Répartition par mois
des divers aspects de la circulation en altitude
au-dessus de Cherbourg

Type de circulation	Décembre	Janvier	Février
Z LD	5	1	3
Z CD	7	6	1
Z CR	9	7	6
Z CA	10	9	3
Z LA	1	3	-
Total de la circulation zonale	32	26	13

C8	-	-	4
C7	-	2	2
C6	-	2	1
C5	-	3	4
C4	7	9	7
C3	-	5	3
C2	5	3	6
C1	3	4	5
C9	-	-	4
C0	-	-	1
Total	15	26	37
V7	7	10	8
V1	2	5	2
V2	5	8	4
V3	6	3	4
V4	5	4	3
V5	7	1	2
V6	5	4	10
V8	2	-	1
V9	7	3	1
V0		1	
Total	46	39	35

Ces trois années sont caractéristiques de l'évolution générale et, dans la plupart des cas, la même évolution se retrouve : la circulation zonale relativement importante en Décembre devient de moins en moins fréquente en Janvier et surtout en Février. L'évolution du nombre des vallées est assez semblable, bien que moins accusée. Les dorsales sont beaucoup plus nombreuses en Février. C'est une cause de la sécheresse relative de ce mois.

Les coulécs d'air froid de plus en plus fréquentes au cours de l'hiver expliquent cette accentuation du caractère hivernal de la circulation.

Toutes ces études ont été faites en fonction de Cherbourg. Il est intéressant maintenant de comparer entre elles les autres stations normandes :

Cherbourg (CH)
Pointe du Roc (Ro)
Cher. (Ca)
Alençon (Al)
La Hève (He)
Rouen (Ro)

Circulation zonale

Variations de la température moyenne des minima et des maxima des stations en fonction du type de circulation à Cherbourg

	minim.						maxim.					
	Ch	Ro	Ca	Al	He	Ro	Ch	Ro	Ca	Al	He	Ro
ZLD	5°9	5°6	3°8	3°1	4°8	3°8	9°2	8°8	8°4	8°1	7°7	8°
ZCD	5°3	4°8	3°2	3°2	4°2	3°2	8°6	8°6	7°6	7°7	7°1	7°5
ZCR	6°8	5°9	4°7	4°	5°	4°1	10°2	9°9	9°2	8°9	8°5	9°5
ZCa	6°9	6°	4°2	3°	5°	3°	11°2	9°5	9°2	8°9	8°4	9°5
ZLA	5°8	4°8	3°5	3°	2°8	1°6	8°	8°3	7°5	5°8	6°5	6°5

D'une façon générale, les températures des stations évoluent de la même façon, en fonction du type de circulation. On peut faire quelques remarques :

1°- Les minima les plus élevés correspondent à une circulation ZR ou ZCA dans les stations côtières et uniquement à ZR dans les stations de l'intérieur.

2°- Les minima les plus bas correspondent à une circulation zonale lente (ZLA) dans la partie orientale de la Normandie.

3°- Les stations les plus continentales ne sont pas plus chaudes par ZCA que par ZCD.

Les maxima les plus hauts correspondent dans toutes les stations à ZR et ZCA, les plus bas à ZLA.

Moyenne journalière des précipitations dans les stations normandes selon le type de circulation zonale à Cherbourg

	<u>Ch</u>	<u>Ro</u>	<u>Lu</u>	<u>Al</u>	<u>He</u>	<u>Rou</u>
ZLD	4	2,8	1,6	1,7	2,3	1,3
ZCD	9,5	3,5	3,7	5,2	2,8	3,7
ZCR	9,6	5,3	6,4	6,5	5,1	5
ZCA	7,3	3,7	3,8	3,9	3,8	3,7
ZLA	0,5	1,8	0,0	1,3	0,3	0

Il faut souligner que, dans toutes les stations normandes, la pluviosité est d'autant plus forte que la circulation est plus rapide. Une circulation zonale uniformise les précipitations de toutes les stations. Lorsque l'axe du flux d'altitude est au-dessus de la Normandie, la pluviosité est proportionnellement plus forte dans les autres stations qu'à Cherbourg (9,5 mm par ZCD). A Alençon, le

type ZCA est assez souvent ZCD à Cherbourg, ce qui confirme notre affirmation précédente.

A l'exception de ces quelques particularités, une circulation zonale favorise sur l'ensemble de la Normandie l'établissement d'un temps assez uniforme.

Circulation méridienne : les vallées

Les résultats sont différents.

Variations de la température moyenne des minima et maxima

	Ch	Co	Ca	Al	He	Ro		Ch	Co	Ca	Al	He	Ro
VCD	4°0	4°0	2°2	1°3	3°4	1°6		8°5	7°7	7°3	6°	1°8	3°4
VCD	5°2	4°1	2°5	2°3	3°4	2°3		8°1	7°8	7°	6°9	6°7	1°5
JCA	5°1	4°1	1°5	0°7	2°2	0°7		8°1	7°7	6°3	5°2	6°	6°
JCA	6°7	5°5	3°8	2°7	4°5	2°8		11°	8°8	9°	7°6	7°7	7°9
JL	5°	4°1	1°3	0°3	3°6	1°3		9°7	9°1	8°3	8°7	9°7	6°

Dans l'ensemble, les écarts sont plus grands entre les stations que dans le cas d'une circulation zonale. Ils atteignent 4°7. Lorsque l'axe du courant passe au-dessus de la Normandie, les températures sont dans l'ensemble plus basses. Ce phénomène n'apparaît pas nettement. Une étude précise montre un refroidissement plus important lorsque la masse d'air vient du Nord, un réchauffement lorsqu'elle vient du Sud si l'axe du courant passe au-dessus de la Normandie. L'explication est assez facile : la vitesse du courant au centre est plus forte ; aussi la masse d'air en VR qui a la même température qu'en VCD ou VCA est déjà

passée et lui succède une masse d'air avec des caractères plus accentués que les précédentes : l'air devient de plus en plus froid à mesure qu'il s'écoule s'il vient du Nord. Il devient plus chaud dans le cas contraire.

Voici des exemples choisis dans des catégories où le nombre de cas n'est pas trop faible.

Air venant du Nord : V2R est plus froid que V2CA, V7R que V7CA ou V7CD.

Air venant du Sud : V4R est plus chaud que V4CD, V6R que V6CA ou V6LD (une très légère exception à Cherbourg).

Variations de la température
en fonction des stations et du type de circulation

	T° minimum							T° maximum					
	Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou		Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou
V2R	3°3	2°	0°	-0°7	0°5	1°		6°3	5°	3°8	2°8	3°5	3°7
V2CD	4°1	3°7	1°4	1°	2°9	1°9		7°3	8°8	6°5	5°9	5°9	5°9
V7R	4°2	3°4	-0°3	-2°	1°9	-1°8		7°4	7°4	5°	3°6	4°9	3°8
V7CA	5°4	4°2	2°3	1°	2°6	0°9		8°6	7°9	7°4	5°8	5°9	5°9
V7CD	5°	4°5	2°	1°8	3°5	2°		8°5	8°3	7°	7°8	6°3	6°3
V4R	7°5	7°3	5°	5°8	5°5	4°8	10°	10°	10°	9°	9°5	11°3	
V4CD	6°6	5°	4°7	4°8	4°7	3°8	9°7	8°5	8°3	8°7	8°	8°5	
V6R	8°3	8°5	7°2	5°3	6°7	6°	12°2	12°5	12°7	12°	11°8	12°8	
V6CA	8°6	8°	6°4	5°2	6°	5°6	13°4	11°4	12°6	11°6	12°	12°6	
V6LD	5°1	5°3	2°3	1°9	4°4	2°4	9°	5°6	5°	7°6	7°6	7°3	

Seul, le type de circulation V6LA est plus froid que V6R, mais dans ce cas nos stations sont au centre ou près du centre de la vallée, là où l'air est beaucoup plus froid.

Dans les trois premiers cas, l'écart des températures (surtout des maxima) des diverses stations est plus important lorsque l'axe du courant est au-dessus de la Normandie.

Pour les précipitations, la situation est également différente de la circulation zonale.

Bien entendu, la circulation rapide engendre davantage de pluie qu'une circulation lente, mais c'est le plus souvent le type VCD qui est le plus arrosé.

Variations des précipitations
en fonction des stations et du type de circulation

	Cherbourg	Roc	Caen	Alençon	La Hève	Rouen
VLD	3,4	1,4	1	1,8	0,8	0,8
VDD	6	1,7	5,4	4,5	3,9	3,7
VCR	4,1	2,1	2,9	3,8	3,7	2
VCA	2,3	1	1,8	1,8	2,1	1,7
VLA	0,4	0	0	0,5	0	0,4

Seule, la Pointe du Roc a une pluviosité supérieure par type VCR. Les types de circulation, liés à la présence d'air chaud, VCA et surtout VLA (circulation lente), sont plus secs.

La position de la vallée au-dessus de la station a autant d'importance que la rapidité du courant.

-33°.

Variations de la température
selon la position de la vallée au-dessus de la station

	Minima							Maxima					
	Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou	'	Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou
V1	4°4	2°1	-1°1	-1°2	0°7	-1°1	'	6°7	6°	4°3	3°4	4°9	3°3
V2	4°1	3°8	1°6	1°2	3°5	2°2		7°5	6°9	6°2	5°5	5°7	5°4
V3	4°7	4°5	2°5	2°1	3°8	2°8		9°	8°1	7°8	6°8	7°3	6°9
V4	6°8	5°8	4°9	4°6	5°	4°		9°7	9°2	9°2	9°2	8°6	9°2
V5	6°8	6°9	5°4	4°8	6°2	4°1		10°3	10°2	9°6	8°6	8°3	9°4
V6	7°	7°	4°8	4°1	5°9	4°1		11°2	10°7	10°8	10°3	10°	10°5
V7	4°7	3°8	1°	-0°4	2°3	-1°6		6°	7°5	6°4	5°2	5°5	5°
V8	6°	3°3	3°	2°	2°	2°		8°	6°	5°7	5°7	5°3	5°
V9	2°4	0°8	-2°	-3°2	-1°7	-2°6		6°4	4°8	2°9	1°5	3°1	2°4

L'évolution d'ensemble est comparable dans les diverses stations avec quelques petites variantes. A la Pointe du Roc, par exemple, les températures sont plus faibles lorsque, en altitude, la situation est V8, et non V7, comme sur les autres stations.

Les écarts entre les stations sont plus importants dans la partie arrière de la vallée que dans la partie avant. Les différences sont plus accusées pour les minima que pour les maxima.

La pluviosité varie beaucoup plus d'une station à l'autre.

Variations de la pluviosité
selon la position de la vallée au-dessus de Cherbourg

	Cherbourg	Roc	Caen	Alençon	La Hève	Rouen
V1	0,7	1,1	2,2	2	1,8	1,1
V2	3,2	0,7	2,5	2,5	2,8	3,1
V3	7,5	1,6	2,8	3	2,4	1,9
V4	9,1	2,1	2,2	3,4	4,6	3,2
V5	4	2	1	3,7	2,1	1,7
V6	3,2	2,2	1,3	2,9	0,7	0,8
V7	3,8	1,6	4,4	3,2	3,4	2,8
V8	0	0	0	0	0	0
V9	1,4	0,9	2,2	0,2	1,2	0,3

Par type de temps lié à une circulation zonale, la pluviosité varie de façon assez semblable d'une station à l'autre et les différences ne sont pas très importantes (sauf par ZCD). Lorsque la Normandie est surmontée par une vallée, les variations sont beaucoup plus importantes : l'écart entre la station la plus arrosée et la moins arrosée peut être très grand (en V3 ou V4), et Cherbourg est moins souvent la station la plus humide. Enfin, la position la plus favorable aux précipitations est très différente d'une station à l'autre.

Le croquis R p. 113 montre la répartition des cinq situations les plus favorables aux précipitations selon les stations. Trois ensembles apparaissent :

1°- L'Ouest et le Sud-Ouest de la Normandie : les pluies sont surtout importantes lorsque la région est surmontée par la partie avant de la vallée.

2°- Caen : Les pluies apparaissent surtout lorsque la région est surmontée de la partie arrière de la vallée.

3°- La partie orientale de la Normandie : intermédiaire entre les deux premiers : la partie Sud de la vallée est la plus favorable aux précipitations.

La position la plus favorable à la pluviosité est dans l'ensemble U4 qui occupe la première ou la deuxième position dans toutes les stations, sauf à Caen. Deux autres positions se retrouvent dans toutes les stations : V3 et V7.

A Caen, par exemple, V7CD est de loin la position la plus favorable aux précipitations :

Caen	10,5 mm
Alençon	3,8
Cherbourg	2,8
La Hève	2,5
Rouen	2
Roc	1

Cet exemple confirme la remarque faite déjà à plusieurs reprises : la pluviosité à Caen-Carpique est très élevée par air froid et instable.

Circulation méridienne : les crêtes

Les précipitations sont, bien entendu, faibles et assez semblables dans toutes les stations.

Variations de la pluviosité
selon la position de la crête au-dessus de Cherbourg

	Cherbourg	Roc	Caen	Alençon	La Hève	Rouen
C1	0,3	0,3	0,2	0,3	0	0,3
C2	0	0,2	0	0	0,1	0
C3	1,4	0,1	0,3	0,4	0,8	1
C4	1,3	1,3	1,1	0,7	1,8	1,3
C5	1	0	0	1,3	0,9	1
C6	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0,5	0
C8	0	0	0	0	0	0
C9	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0,5
C10	0	0	0	0	0	0

A l'exception des positions C3 et C4 qui donnent de faibles pluies, toutes les positions anticycloniques à 500 mb sont peu favorables aux précipitations.

Remarquons l'importance pour la pluviosité d'une circulation rapide en altitude dont l'axe est juste au-dessus de la Normandie.

Variations de la pluviosité
selon le type de circulation

	Cherbourg	Roc	Caen	Alençon	La Hève	Rouen
CLA	0,6	0,5	0,1	0,3	0,7	0,5
CCA	0,3	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3
CR	5	1,1	1	0,9	1	1,2
CCD	0	0	0	0	0	0
CLD	0	0	0	0	0	0

Variations de la température
en fonction de la position de la crête au-dessus de Cherbourg

	Tn						Tx					
	Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou	Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou
C1	3°5	2°7	0°4	-0°3	1°8	-1°7	7°8	7°3	6°2	5°8	5°8	5°3
C2	5°2	3°1	1°7	1°1	2°9	0°5	8°3	7°2	7°6	7°	6°4	5°7
C3	4°4	4°5	2°5	1°3	4°	0°	10°3	10°	10°4	9°4	9°	9°3
C4	6°7	4°8	4°2	3°8	5°5	3°	10°9	10°5	10°5	10°4	9°8	10°1
C5	3°1	4°9	0°9	0°1	2°4	0°	10°3	11°	10°7	11°3	10°	11°3
C6	7°7	7°	5°3	4°3	6°	5°3	11°	10°3	10°	9°	9°	10°3
C7	4°5	3°	0°5	-0°5	0°8	-0°8	6°8	6°8	5°3	5°	5°	4°5
C8	2°3	0°	-2°5	-2°8	-1°3	-3°8	6°5	8°8	6°8	8°3	6°3	6°
C9	5°5	4°8	1°3	-0°5	4°	-0°8	9°	8°	7°3	7°3	8°5	7°8
C0	3°	4°	-3°	-2°	-3°	-3°	10°	15°	10°	13°	12°	13°

Les écarts entre les stations sont plus élevés que dans les vallées pour les minima, plutôt moins élevés pour les maxima, et Rouen est parfois la station la plus chaude. L'Ouest de la Normandie est plus chaud que l'Est lorsque la région est surmontée par l'avant de la crête. Les différences régionales sont moins apparentes lorsque la région est surmontée par l'arrière de la crête.

L'arrière de la crête, qui correspond à l'avant de la vallée, est plus chaud : l'air vient du Sud-Ouest. L'avant de la crête, au contraire, est beaucoup plus froid. Fait exception C2 qui suit immédiatement C3 et qui correspond à un air qui ne vient pas de régions très septentrionales. Mais C1 et C7 ont des températures assez basses. C8, qui correspond souvent à un flux de N.E. a des minima faibles, les plus froids. L'amplitude la plus forte correspond à C0 :

la turbulence de l'air est nulle. Le rayonnement nocturne joue alors un très grand rôle. Dans la journée, le soleil réchauffe facilement la masse d'air souvent assez chaude en altitude.

Sauf, de temps à autre, pour les stations côtières, les minima de température sont toujours plus bas dans la crête que dans la partie correspondante de la vallée : les minima de C4 (arrière de la crête) sont plus bas que ceux de V4 ou V6 par exemple. Par contre, les maxima de température sont généralement plus forts : moins de nuages, insolation plus longue, moins de vent.

En résumé, la circulation zonale rapide tend à uniformiser les températures et les précipitations. Les écarts sont beaucoup plus grands pour les températures (surtout les minima) et pour les précipitations. L'influence de la position de la vallée ou de la crête diversifie les températures ou les pluies selon la place de la station en Normandie.

B)- LA SITUATION AU PRINTEMPS

Elle est très différente :

ZLD	:	6 cas
ZCD	:	2 cas
ZCR	:	6 cas
ZCA	:	11 cas
ZLA	:	7 cas

Total : 32 cas

La circulation zonale est beaucoup plus rare au printemps qu'en hiver. Les masses d'air froid accumulé au pôle progressent vers le Sud et provoquent une active circulation

méridienne. C'est en Avril que la circulation zonale est la moins fréquente. En Mai, elle augmente à nouveau.

La circulation zonale à Cherbourg au cours du printemps

Type de circulation	Mars	Avril	Mai
ZLD	4	0	2
ZCD	1	0	1
ZCR	4	1	1
ZCA	1	3	7
ZLA	1	2	4
Total	11	6	15

En Mars, Cherbourg appartient essentiellement à la partie dépressionnaire du courant ; en Mai, c'est le contraire : la partie la plus rapide du courant passe au Nord de Cherbourg.

Le passage de l'onde planétaire est donc le phénomène quasi normal au Printemps. En effet, pendant tout l'hiver et une partie du printemps, les glaces, la neige se sont accumulés dans les régions polaires. L'air, très froid dans ces régions, s'écoule vers le Sud. Toute coulée froide provoque une coulée chaude ; celle-ci favorise l'écoulement d'une nouvelle coulée froide ... La vitesse zonale est d'autre part considérable puisque le gradient thermique entre l'Equateur (à température constante) et le pôle (à très basse température) est alors aussi élevé qu'en hiver.

Les vallées sont du reste plus nombreuses que les dorsales au-dessus de Cherbourg : 134, soit près d'un jour sur deux, contre 112.

Répartition des vallées au-dessus de Cherbourg
au cours du printemps

	<u>Mars</u>	<u>Avril</u>	<u>Mai</u>	<u>Total</u>
V7	9	10	0	19
V1	2	3	0	5
V2	7	5	1	13
Partie arrière de la vallée	18	18	1	37
V4	9	7	4	20
V5	13	2	15	30
V6	8	8	7	25
Partie avant de la vallée	30	17	26	73
V3	5	2	1	8
V8	0	2	2	4
V9	2	6	1	9
Total :	55	45	31	131

De mars à mai, les vallées au-dessus de Cherbourg se font de plus en plus rares. Cette diminution tient surtout à la disparition des cas où la partie arrière de la vallée, c'est-à-dire la partie froide, se trouve au-dessus de Cherbourg. Les vallées, en mai, se maintiennent davantage sur le proche océan, plus froid en cette saison que le continent.

Pendant 112 jours, Cherbourg est colfée par des or-sales. C'est une des causes de la relative sécheresse du printemps.

Répartition des dorsales
au-dessus de Cherbourg au cours du printemps

	<u>Mars</u>	<u>Avril</u>	<u>Mai</u>	<u>Total</u>
C7	0	5	5	10
C1	2	11	4	17
C2	12	6	19	37
Partie avant de la crête	14	22	28	64
C6	3	2	4	9
C5	1	3	0	4
C4	1	8	5	14
Partie arrière de la crête	5	13	9	27
C3	7	4	8	19
C8	1	0	1	2
Total :	27	39	46	112

Les remontées d'air chaud en altitude et les hautes pressions qui y sont liées augmentent assez régulièrement au cours du printemps.

Remarquons l'accroissement continu du nombre de cas où Cherbourg est placé à l'avant de la crête. Cette constatation semble contredire ce que nous avons dit précédemment à propos des coulées froides. En fait, les coulées d'air chaud se font plus facilement quand elles se produisent là où l'Océan est le plus chaud, c'est-à-dire dans sa partie Est. En Mai, le point J, à l'Est, atteint 11°4,

le point C, au centre : 7°.

Vers le 60ème parallèle :

le point I, à l'Est, atteint 9°8 :

le point A, au centre, mais un peu plus au Nord,

le point B, plus au Sud, mais à l'Ouest : 40° .

Ces chiffres de la température de la mer ont été relevés pour la période 1951-1970.

Une autre différence existe : la position de Cherbourg par rapport au centre du courant :

en Mars, dans 46 % des cas, Cherbourg se trouve dans la partie dépressionnaire et froide par rapport à la partie la plus rapide du courant (LD ou CD),

en Avril : 21 %,

en Mai : 14 %.

Cette situation explique en partie aussi le réchauffement progressif des températures.

Aucune moyenne ne sera calculée pour le printemps, les écarts entre le mois de Mars et de Mai étant beaucoup trop importants. Les moyennes n'auraient aucune signification. En Mars, les anticyclones sont froids le plus souvent ; en Mai, au contraire, ils peuvent être chauds.

C)- LA SITUATION EN ÉTÉ

La circulation zonale redevient plus fréquente :

ZLD	:	7 cas
ZCD	:	11 cas
ZCR	:	15 cas
ZCA	:	30 cas
ZLA	:	12 cas

soit au total 75 cas, c'est-à-dire plus du double des cas printaniers. Ce phénomène s'explique surtout par la remontée de l'air chaud vers le Nord. C'est en Juillet que cette situation zonale est la plus fréquente et qu'elle se produit

à des latitudes très septentrionales (18 cas contre 12 en Juin et Août).

<u>Type de circulation</u>	<u>Juin</u>	<u>Juillet</u>	<u>Août</u>	<u>Total</u>
ZLD	2	2	3	7
ZCD	3	5	3	11
ZCR	5	5	5	15
ZCA	11	13	6	30
ZLA	1	5	6	12
Total	22	30	23	75

Pendant tout l'été, Cherbourg appartient surtout à la partie anticyclonique du courant zonal.

L'onde planétaire représente une situation moins fréquente qu'au printemps. Aussi les vallées et les dorsales sont-elles rares, mais leur proportion est semblable.

Dorsales 90 en été, soit 45 % (printemps : 46 %)
 Vallées 111 55 % (printemps : 54 %).

Répartition des vallées au-dessus de Cherbourg
au cours de l'été

	<u>Juin</u>	<u>Juillet</u>	<u>Août</u>	<u>Total</u>
V7	-	-	-	0
V1	4	6	3	13
V2	4	4	9	17
Partie arrière de la vallée	8	10	12	30
V4	9	8	11	28
V5	1	8	11	20
V6	0	1	4	5
Partie avant de la vallée	10	17	26	53
V3	6	11	2	19
V8	3	2	1	6
V9	1	1	1	3
Total des vallées	28	41	42	111

C'est en Juin que le nombre des vallées est le plus faible. C'est surtout l'avant de la vallée qui surmonte Cherbourg, mais la proportion des parties antérieures des vallées par rapport aux parties postérieures est plus faible. La grosse différence, c'est le très petit nombre de cas de V6 et V7. Ceci est normal. Les cas V6 et V7 supposent que l'extrémité de la vallée se situe très au Sud par rapport à la Normandie. Du fait de la saison, les coulées froides s'étendent moins vers le Sud et l'extrémité de la vallée se situe à proximité de la Normandie. Ceci explique que les cas de V2, V3, V4 soient beaucoup plus nombreux en été qu'au printemps :

58 % de l'ensemble des vallées en été (V6 V7 : 5 %)

31 % au printemps (V6 V7 : 30 %)

Répartition des dorsales au-dessus de Cherbourg
au cours de l'été

	<u>Juin</u>	<u>Juillet</u>	<u>Août</u>	<u>Total</u>
C7	2	-	1	3
C1	5	1	2	8
C2	7	2	5	14
Partie avant de la crête	14	3	8	25
C6	7	3	3	13
C5	3	1	5	9
C4	5	9	3	17
Partie arrière de la crête	15	13	11	39
C3	9	6	7	22
C8	2	-	1	3
C9	-	-	1	1
Total des crêtes	40	22	28	90

Les dorsales sont rares en Juillet, un peu plus fréquentes en Août. Pendant ces deux mois, la remontée de l'air chaud est le phénomène le plus important et la circulation est plus zonale que méridienne pour cette raison.

Au cours de l'été, les parties arrières de la crête et avant de la vallée deviennent plus fréquentes au-dessus de Cherbourg. On retrouve là une constatation déjà faite au printemps : les coulées d'air chaud surviennent de préférence là où le sol est le plus chaud, c'est-à-dire en été, sur l'Europe occidentale :

25 cas en Juin
30 en Juillet
37 en Août.

De toute façon, même en cas de circulation zonale ou de vallée au-dessus de Cherbourg, la surface de 500 mb est presque constamment au-dessus de 556 dam. Les exceptions ne représentent que 18 % des cas en Juin et 14 % en Juillet et Août.

Circulation zonale

Variations de la température moyenne des minima et maxima en fonction du type de circulation à Cherbourg

	Ch	Ca	Al	He	Rou	'	Ch	Ca	Al	He	Ro
ZLD	13°1	10°8	9°9	13°3	10°8		19°1	21°1	22°1	19°1	21°6
ZCD	13°2	10°9	10°4	13°1	11°		17°5	19°5	19°	17°1	19°
ZR	13°8	11°7	11°8	13°4	11°7		18°1	19°6	19°9	17°6	20°1
ZCA	13°9	12°5	12°3	14°	12°3		18°5	20°7	21°4	18°5	21°7
ZLA	12°7	9°5	9°	13°3	9°8		19°	21°3	22°3	19°1	22°8

On retrouve certains caractères déjà existants en hiver :

- 1°- les minima les plus élevées correspondent à ZCA,
- 2°- les minima les plus basses correspondent à une circulation zonale lente anticyclonique (ZLA).

Mais il y a des différences importantes : en été les maxima correspondent aux plus fortes insolation, c'est-à-dire aux trois types de circulation ZLD, ZCA, ZLA. En hiver, l'influence du refroidissement du sol, lorsque la nébulosité est faible, explique cette différence. Pour les minima, les variations sont plus importantes dans les stations de l'intérieur que dans les stations côtières. C'est l'inverse pour les maxima.

L'amplitude est fonction de la vitesse du courant. Elle est faible par circulation rapide ; elle est forte par circulation lente.

Variations de l'amplitude
en fonction de la vitesse de la circulation

		<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
	ZR	4°3	7°5	8°1	4°2	8°4
Circulation rapide	ZCD	4°3	8°6	8°6	4°	8°
	ZCA	4°6	8°2	9°1	4°5	9°4
Circulation lente	ZLD	6°	10°3	12°2	5°8	10°8
	ZLA	6°3	11°8	13°9	5°8	13°

Une étude portant sur 26 cas à peu près également répartis en V4LD, V4R, V4CA, avec à peu près autant de cas de hautes pressions que de cas de basses pressions, montre l'influence de cette situation sur les résultats.

Variations de températures et de pluviosité
selon que la station est dominée par des hautes pressions
ou des basses pressions par type de circulation V4

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Rnuen</u>
Moyenne des minima de température				
Basses pressions	13°3	11°	11°1	11°6
Hautes pressions	14°1	12°9	13°3	13°8
Moyenne des maxima de température				
Basses pressions	18°2	19°5	19°5	20°4
Hautes pressions	19°2	21°4	22°7	22°2
Précipitations				
Basses pressions	2,7	5,2	6,4	5,7
Hautes pressions	2,2	2,5	2,7	2,8

Lorsque la vallée s'inscrit dans une zone de hautes pressions, cas le plus courant en été, les températures sont plus élevées de 1 à 2°. Les pluies sont nettement plus faibles. Ce phénomène se fait davantage sentir dans les stations de l'intérieur que dans les stations côtières. En hiver, les vallées sont toujours liées à de basses pressions en altitude.

A vitesse semblable, l'amplitude est plus grande dans les masses d'air anticycloniques (chaudes) que dépressionnaires (plus froides).

L'influence du type de circulation sur la pluviosité n'apparaît pas nettement, comme en hiver. Il y a un très fort contraste entre des très faibles pluies ou même pas de pluie du tout (en particulier en ZLD) et de très fortes averses supérieures à 10 mm. Les moyennes, dans ces conditions, n'ont guère de signification.

Répartition des pluies
en fonction du type de circulation zonale

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
ZLD	1,5	4,4	2,4	3,1	1,9
ZCD	1,1	2,2	3,3	1,5	2,2
ZR	1,1	1,1	1,1	1,5	1,2
ZCA	4,5	1,3	2,6	2	1,9
ZLA	0,2	0,1	0	0,2	0,1

La circulation zonale provoque beaucoup moins de pluie en été qu'en hiver.

Circulation méridienne : les vallées

Variations des minima et des maxima moyens

	Minima					Maxima				
	Ch	Ca	Al	La H	Ro	Ch	Ca	Al	La H	Ro
VLD	12°7	11°	11°2	13°2	11°3	18°6	20°4	21°3	18°6	21°4
VCD	13°2	10°8	11°	13°1	11°3	18°1	19°4	19°8	17°7	19°8
VR	13°9	12°	12°1	13°8	12°1	18°7	20°2	20°5	16°5	20°7
VCA	13°8	12°4	12°4	14°1	12°3	18°7	20°3	21°8	18°8	22°
VLA	13°3	9°9	9°9	13°8	10°8	19°9	22°4	23°9	20°4	23°7

Les caractères sont assez semblables à ceux de la circulation zonale. L'amplitude est beaucoup plus importante pour la circulation lente que pour la circulation rapide : moins de nuages ; les températures sont, dans l'ensemble, plus basses la nuit, plus élevées dans la journée. La différence est plus grande pour les stations de l'intérieur.

Variation de l'amplitude
avec la vitesse de la circulation

		<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
Circulation rapide	VR	4°8	8°2	8°4	4°7	8°6
	VCD	4°9	8°6	8°8	4°6	8°5
	VCA	4°9	7°9	9°4	4°7	9°7
Circulation lente	VLD	5°9	9°4	10°1	5°4	10°1
	VLA	6°6	12°5	14°	6°6	12°9

Les résultats sont semblables pour la circulation zonale ou pour les vallées. La vitesse de la circulation paraît un élément essentiel pour expliquer des différences d'amplitude pouvant atteindre 2° pour les stations côtières, 4° pour les stations de l'intérieur. Plus la circulation est lente, plus l'amplitude est forte.

Variations des précipitations
en fonction des stations et du type de circulation

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
VLD	1	2,3	1,7	1,1	1,8
VCD	2,9	3,9	4,2	3,5	5
VR	1,8	1,7	2,4	1,9	1,9
VCA	2,9	2	3	1,7	1,9
VLA	0,2	0,1	0	0,4	0,4

Les résultats sont semblables à ceux que nous avons vus en hiver :

1°- VCD est le type de circulation qui provoque la plus de pluie sur la Normandie.

2°- VLA est très peu arrosé : circulation lente, pressions relativement élevées.

Des différences apparaissent :

1°- VLD est souvent plus arrosée en été qu'en hiver.

Cela tient à de très fortes averses déjà signalées dans les cas de ZLD. Des remarques identiques sont valables pour VCD : en été, le gradient thermique entre le sol et l'altitude peut être important et les pluies d'instabilité peuvent être plus fréquentes.

2°- Mises à part ces exceptions, la pluviosité est moindre en été qu'en hiver. Une des principales raisons est la présence de hautes pressions relativement chaudes en altitude même lorsque le dessin d'une vallée existe.

Variations de la température
selon la position de la vallée au-dessus de la station

	Tn					Tx				
	Ch	Ca	Al	LH	Ro	Ch	Ca	Al	He	Ro
V1	12°5	10°3	9°4	13°	10°2	18°1	19°2	20°3	17°9	21°1
V2	12°8	10°8	11°3	12°7	11°	16°2	19°7	19°8	17°9	19°8
V3	13°2	11°5	11°9	13°5	12°1	18°1	20°5	20°9	18°7	21°3
V4	13°7	11°6	12°1	14°2	12°9	19°1	20°8	21°6	18°9	22°4
V5	14°4	12°4	13°7	14°6	13°1	19°9	20°8	22°9	20°3	23°
V6	12°8	11°	11°4	14°	12°	20°6	21°4	22°2	20°3	23°
V8	12°5	11°3	11°3	12°5	10°5	16°7	20°	20°3	18°	21°

Les résultats, là encore, sont semblables à ceux de l'hiver, à une exception près : Cherbourg et La Hève sont les stations qui ont les maxima de température les plus faibles. V5 et V6 sont les deux positions qui apportent les températures les plus élevées. V1 provoque les températures les plus basses. Les écarts entre les stations peuvent

atteindre 3° dans la partie avant de la vallée. C'est l'opposé en hiver.

Variations de la pluviosité
selon la position de la vallée au-dessus de Cherbourg

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
V1	0,3	1,4	2,4	0,2	0,8
V2	2,6	2,4	4,2	2,4	5,2
V3	2,5	1,7	1	1,6	1,4
V4	2,6	3,7	4,2	3,7	4,1
V5	0,9	2,7	2,6	0,7	1,5
V6	3,8	2,8	1,4	1	2,2
V8	2,3	3,5	3	8,2	10,2

Les faibles pluies associées à de très grosses averses perturbent un peu les résultats. A la position V6 assez pluvieuse, on peut ajouter la position C6 encore plus pluvieuse, sauf à Rouen. L'effet de la position des stations par rapport à la vallée est plus uniforme en été qu'en hiver. Les plus fortes pluies sont provoquées :

1°- par la partie avant de la vallée (surtout à Caen),
2°- par l'extrémité de la vallée (surtout à Cherbourg et à La Hève),

3°- par l'arrière d'une goutte froide (position V8), surtout à La Hève et à Rouen.

Le croquis R p. 216 montre ces résultats.

Remarquons l'absence ou la rareté de certaines positions en été, comme V7.

Circulation méridienne : les crêtes

Les précipitations sont assez faibles, sauf en C5 et C6, correspondant au V6.

Variations de la pluviosité
en fonction de la position de la crête au-dessus de
Cherbourg

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
C1	0	0,1	0,7	0,1	0,6
C2	1	0,6	0,5	1	1
C3	0,5	0	0	0	0,1
C4	0,3	0	0	0	0,1
C5	1,1	1	1,3	0,9	1,4
C6	4,1	5,9	2,9	3,4	1,6
C7	0	0	0	0	0

C5 et C6 correspondent souvent à des situations de blocage ou de marais barométriques au sol. Ceci explique les pluies assez abondantes. Nous ne distinguerons pas les variations de la pluviosité en fonction de la vitesse. La presque quasi-totalité des cas correspondent à CLA.

Variations de la température
en fonction de la position de la crête au-dessus de
Cherbourg

	<u>Tn</u>					<u>Tx</u>				
	Ch	Ca	Al	LH	Ro	Ch	Ca	Al	LH	Ro
C1	11°3	9°3	8°1	12°	8°3	18°2	19°8	22°2	18°1	21°6
C2	13°6	11°1	10°6	12°7	10°4	18°7	20°7	22°7	18°6	22°3
C3	13°5	11°7	11°8	13°7	11°8	19°6	22°3	24°3	19°9	23°6
C4	13°2	11°2	12°1	13°6	11°4	20°3	24°1	26°4	22°7	25°8
C5	14°9	12°4	12°7	15°5	13°1	22°2	25°8	26°2	24°8	27°
C6	13°8	12°3	13°3	15°5	12°9	19°8	24°	23°9	23°4	26°5

Les résultats sont encore plus nets peut-être qu'en hiver : l'avant de la crête est relativement froid, l'arrière

au contraire est très chaud. Seule, la position C6 est légèrement plus froide que C5, mais les pluies sont fort importantes. Les températures sont toujours plus élevées (sauf pour C1) dans les crêtes que dans la partie correspondante de la vallée. Ceci est valable pour les minima comme pour les maxima de température.

En résumé, les caractères que nous avons trouvés pour l'hiver subsistent en été. L'action de la situation en altitude est peut-être plus nette sur les températures qu'en hiver, mais plus faible sur les pluies.

D)- LA SITUATION EN AUTOMNE

La fréquence de la circulation zonale continue à diminuer de mois en mois jusqu'en Octobre.

<u>Type de circulation</u>	<u>Septembre</u>	<u>Octobre</u>	<u>Novembre</u>
ZLD	1	0	2
ZCD	0	0	4
ZR	3	4	2
ZCA	3	4	3
ZLA	6	0.	0
TOTAL	13	8	12

Le passage de l'onde planétaire est donc le phénomène le plus caractéristique :

Dorsales : 99 cas (42 %)
Vallées : 141 cas (58 %)

La proportion des vallées est plus élevée que pour les autres saisons. Ce phénomène ne peut que favoriser les pluies en automne.

Répartition des vallées au-dessus de Cherbourg
au cours de l'automne

	<u>Septembre</u>	<u>Octobre</u>	<u>Novembre</u>	<u>Total</u>
V7	0	8	5	13
V1	3	3	7	13
V2	4	7	9	20
Partie arrière de la vallée	7	18	21	46
V4	11	13	13	37
V5	4	6	9	19
V6	3	6	3	12
Partie avant de la vallée	18	25	25	68
V3	3	7	7	17
V8	6	1	1	8
V9	2	0	0	2
Total des vallées	36	51	54	141

En septembre, les vallées sont assez rares. On rencontre un certain nombre de cas V8, V9, qui correspondent à des gouttes d'air froid situées au Sud de la Normandie. Les coulées d'air froid sont donc peu fréquentes en Septembre. Le mois peut assez facilement être rattaché à l'été.

Octobre et Novembre présentent des caractères différents. Les coulées froides augmentent. De plus en plus, la partie arrière se trouve au-dessus de Cherbourg. A partir d'Octobre, les coulées froides deviennent donc plus nombreuses sur le continent avec le refroidissement du sol.

Répartition des dorsales au-dessus de Cherbourg
au cours de l'automne

	<u>Septembre</u>	<u>Octobre</u>	<u>Novembre</u>	<u>Total</u>
C7	2	0	0	2
C1	2	4	2	8
C2	9	8	8	25
Partie avant de la crête	13	12	10	35
C6	3	4	5	12
C5	5	3	0	8
C4	6	4	3	13
Partie arrière de la crête	14	11	8	33
C3	10	5	3	18
C8	4	5	2	11
C0		1		1
Total des crêtes	41	34	24	99

Le nombre de crêtes ne cesse de diminuer au cours de l'automne, surtout les parties arrière des crêtes (coulées chaudes sur le continent). Cette diminution des crêtes, liée à l'augmentation du nombre des vallées au-dessus de Cherbourg, et également à une circulation zonale plus rare mais plus rapide et plus souvent associée à des basses pressions froides, explique l'augmentation des pluies au cours de l'automne.

CONCLUSION

La situation en altitude a le mérite d'être beaucoup plus simple que la situation au sol. La distinction en deux saisons différentes apparaît mieux. Le graphique R p. 217

montre ce phénomène : la circulation est rapide en hiver et en été, elle ralentit aux saisons intermédiaires pour atteindre un minimum en Avril et Octobre.

De Novembre à Avril, l'air froid recouvre largement notre région. La température à 500 mb est basse, la circulation assez rapide. Il y a équilibre entre coulées froides sur le continent et sur l'océan (en Janvier, cette dernière situation est plus fréquente).

De Mai à Octobre, les températures en altitude sont élevées, la circulation zonale est la plus importante en Juillet et Août. Les coulées froides sont plus nombreuses sur l'océan, les remontées chaudes sur le continent (59 % des cas).

Cette situation en altitude est le plus souvent semblable à la situation au sol : les perturbations suivent le courant créé par le contact des masses froides au Nord et chaudes au Sud. Plus le contraste thermique est important, plus le gradient barométrique est élevé, plus le courant est rapide. Les phénomènes d'ascendance sont alors favorisés. Au Sud, l'air plus chaud favorise la stabilité de la basse atmosphère et le réchauffement des températures au sol. Au Nord de ce courant d'altitude, l'instabilité est plus grande, les pluies plus fréquentes.

La situation de la station par rapport au courant d'altitude est donc primordiale.

C O N C L U S I O N
DE LA DEUXIÈME PARTIE

La longueur de cette seconde partie tient à la complexité des éléments qui agissent sur le temps.

Résumons brièvement nos conclusions :

1°- Le temps est plus chaud si :

- la Normandie reçoit un air tropical ou polaire maritime en hiver ; tropical ou polaire continental en été ;

- l'air arrive principalement du Sud-Ouest en hiver, du Sud-Est en été ;

- l'air en altitude est chaud ;

- la Normandie est surmontée par la partie arrière d'une crête de l'onde à 500 mb.

2°- Les précipitations les plus fortes se produisent quand :

- la Normandie reçoit un air polaire maritime (ou arctique maritime à Caen ou tropical maritime à Cherbourg) venant d'Ouest en hiver, de Sud-Ouest en été ;

- une perturbation, formée d'un front chaud et d'un front froid rapprochés, traverse la Normandie, surtout si un effet de blocage existe ;

- au passage du front chaud, l'air chaud est très humide ; au passage du front froid, l'air froid est très

instable ;

- le centre d'une dépression s'établit sur notre région. En altitude, l'air est froid ; la Normandie est surmontée d'un courant rapide, de l'extrémité avant d'une vallée, et en hiver d'un courant zonal. Ce courant se déplace vers le Sud sous l'impulsion de l'air froid ; le gradient barométrique est très élevé.

Dans la partie suivante, l'étude des types de temps sera faite en détail. Les divers éléments que nous venons d'examiner seront repris, dans les anticyclones ou dans l'étude d'un ou deux types de temps perturbés, pour voir la façon dont ils se combinent les uns aux autres. Mais il sera inutile de répéter qu'un air de Sud-Ouest, par exemple, donne un temps plus chaud ...

TR O I S I È M E P A R T I E

LES T Y P E S D E T E M P S

La magistrale étude des types de temps, que P. Pédelaborde a réalisée dans sa thèse "Le climat du Bassin Parisien", est bien entendu valable pour la Normandie. Il n'est pas question de refaire semblable étude. Nous conserverons la distinction entre temps cycloniques et temps anticycloniques. Les temps cycloniques seront regroupés selon leur trajectoire. Mais au lieu d'un regroupement des types de temps par saison, nous choisirons une distribution différente ; les types de temps seront classés en fonction de leur action sur la Normandie :

1°- anticyclones, aux températures relativement contrastées, secs, assez peu éventés ;

2°- temps cycloniques dont les trajectoires sont très éloignées de la Normandie ;

3°- temps cycloniques dont les trajectoires sont plus proches.

Dans ce groupe, on peut établir deux distinctions :

- la Normandie baigne dans l'air "chaud", la trajectoire passant plus au Nord ;
- la Normandie appartient à l'air froid, la trajectoire se situant au Sud de notre région.

4°- temps cycloniques dont les trajectoires passent par la Normandie. Les pluies sont importantes, les températures relativement uniformes, les vents assez forts.

5°- Enfin, deux séries de types de temps particuliers : blocages et marais barométriques. Ils ont été isolés car leur effet sur les diverses régions de notre province est très variable pour une même journée.

Si les températures changent selon les saisons, par contre la pluviosité est assez semblable au cours de l'année. Dans chacune des catégories, les éléments étudiés dans la partie précédente, masses d'air, fronts, pression, situation en altitude, expliqueront les diverses nuances spatiales et temporelles que l'on peut observer. L'influence de ces éléments pourra être plus ou moins vigoureuse selon les saisons. Par exemple, l'air arctique, fréquent en hiver et au printemps, sera remplacé par l'air polaire aux deux autres saisons et les caractères de perturbation de même type en seront légèrement modifiés. De même, en été, la circulation en altitude est beaucoup moins rapide, les coulées d'air chaud sont plus fréquentes. Les perturbations seront souvent moins dynamiques.

Pourquoi avons-nous choisi ce classement ? Essentiellement parce qu'il met en valeur les différences régionales. Les types de temps sont ainsi groupés en fonction de leurs effets différents sur les diverses régions normandes. Certains ont des conséquences identiques

et les seules différences sont fonction de la continentalité que les quatre stations, diversement situées, comme Alençon, Caen, Rouen, Cherbourg mettront en évidence. D'autres, au contraire, entraîneront des écarts importants, moins du reste sur les températures que sur les précipitations. Si l'on considère les quelque 25 stations citées dans le Résumé Mensuel du Temps en France, au cours de 60 mois, de Janvier 1953 à Décembre 1957, pendant 26 mois les stations ont eu un comportement différent, les unes avec un total de précipitations inférieur à la normale, les autres avec un total supérieur. Le tableau ci-dessous montre la constance du phénomène.

<u>Stations ayant un comportement</u>			
	<u>différent</u>	<u>semblable sauf pour</u> <u>1 ou 2 stations</u>	<u>Semblable</u>
1953	4	4	4
1954	8	2	2
1955	5	4	3
1956	6	3	3
1957	3	4	5
	26	17	17

La carte R p. 235 est un exemple simple d'effets différents des types de temps selon les régions normandes. Dans ce mois de Décembre 1966, les stations ont reçu de 32 % (pour Neufchâtel) à 172 % (pour Domfront) du total normal des précipitations pour ce mois. La carte (R p. 236) est encore plus complexe : les précipitations varient de 62 % à Longues à 180 % à Pont-Audemer. Les exemples pourraient être multipliés. Aussi est-il important que l'analyse des types de

temps fasse apparaître ce phénomène. Nous aboutirons :

1°- à la carte qui souligne le type de temps qui apportera le plus de pluie à une région donnée ;

2°- à un catalogue des types de temps pour la période 1951-1970. La plupart des stations ont, en effet, été créées entre 1945 et 1950. Aussi est-il préférable de se limiter à cette période de 20 ans.

La définition d'un type de temps entraîne évidemment une part d'interprétation personnelle. La trajectoire peut être à la limite de deux types. Certains jours séparent deux types de temps différents. Une évolution du temps peut survenir en 24 heures. Un exemple : le 20 Octobre 1955, un temps de Sud-Puest est suivi d'une traîne de Nord-Nord-Ouest. Le 21, nous classerons le temps en Sud-Ouest, bien que l'air vienne du Nord. En effet, la perturbation se déplace vers le Nord-Est. De nombreux cas posent des problèmes identiques, parfois très délicats.

En résumé, l'analyse des types de temps aura donc un double but :

1°- mettre en évidence le caractère particulier de chaque type de temps et avoir ainsi une idée du temps de 1951 à 1970. Il sera possible de comparer cette série de 20 ans et celle d'autres époques dans la dernière partie de cet ouvrage.

2°- montrer leur action différentielle sur les diverses régions, d'abord par une étude détaillée des quatre grandes stations normandes, ensuite par une revue de toutes les stations existantes. Cela permettra de dégager les premiers éléments d'une étude régionale.

Ch a p i t r e V I I I

LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES

Par définition, un anticyclone est une aire de hautes pressions au sol. Il peut être d'origine dynamique et correspond en altitude à un anticyclone ou plus souvent encore à une crête d'air chaud. Il peut être d'origine thermique et résulter de la stagnation d'un air froid au sol. Cet air froid provient ou d'une décharge de fin de famille (la traîne est formée d'un air froid, donc lourd, et les pressions s'élèvent rapidement) ou du refroidissement de l'air à sa base (phénomène qui survient en hiver et au printemps) au contact du sol. Dans ce dernier cas, en altitude, l'anticyclone n'existe pas. Les deux types thermique et dynamique peuvent coexister. L'exemple du 24 Février 1952 (R p.237 à 239) est caractéristique. Une dorsale d'air chaud recouvre, en altitude, toute l'Europe occidentale. Au sol, un anticyclone s'étend du Nord de l'Angleterre à la Tchécoslovaquie. Il dirige sur le Bassin Parisien et la Normandie un flux de Sud-Est très froid : - 1° dans cinq stations normandes, + 2° à Cherbourg. Le sondage de 3 h. T.U. à Trappes montre une masse d'air froid ne dépassant guère 1.200 mètres, surmontée d'une épaisse masse d'air

chaud. Généralement, la puissance verticale de la masse d'air froid diminue d'Est en Ouest. Il arrive qu'une partie de la Normandie échappe à cette invasion et bénéficie alors de températures douces car elle continue à être alimentée uniquement par l'anticyclone dynamique formé d'air chaud. Le 15 Décembre 1971 (R p. 240-241), les minima atteignent :

- + 6° à Cherbourg et la Pointe du Roc
- + 4° à Caen
- + 1° à Alençon et Rouen
- 1° au Bourget.

La limite occidentale de l'air froid se situe dans la moitié Sud-Est de la Normandie.

La distinction entre air océanique et air continental est donc très importante. Ce dernier ne pénétrant pas obligatoirement dans toute la Normandie, nous n'opposerons pas toujours anticyclones océaniques et anticyclones continentaux.

Un trait commun à tous les anticyclones est l'absence de pluie. Quelques risques de pluie, très rares, peuvent survenir :

1°- lors du passage d'un front. Mais dans un anticyclone, le front ne constitue généralement que la limite de deux masses d'air, de température ou d'humidité différentes. Aussi est-il peu actif.

2°- lors de l'advection sur le continent froid d'un air océanique humide. Celui-ci est incapable de contenir toute la vapeur d'eau qui se condense alors sous forme d'un brouillard ou de bruine lors du refroidissement de la masse d'air sur le continent ;

3°- lors d'une coulée froide en altitude, au-dessus d'un anticyclone thermique.

Le temps engendré par un anticyclone dépend donc surtout :

- 1°- de la masse d'air,
- 2°- de l'origine de cette masse d'air : direction des isobares et centre de l'anticyclone,
- 3°- de la nature de cet anticyclone (dynamique ou thermique).

Beaucoup plus que pour tout autre type de temps, la variation de ces facteurs est fonction de la saison. Un anticyclone thermique est assez fréquent sur le continent en hiver, mais ne se rencontre jamais en été sur ce même emplacement.

I- LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES EN HIVER *****

Les types de temps anticycloniques sont assez fréquents en hiver. Il n'est pas possible d'étudier pendant les 20 ans envisagés la totalité des éléments qui agissent sur les types de temps : en effet, les masses d'air ne sont relevées sur les B.M.E. que jusqu'en 1961. Aussi cette étude ne portera-t-elle que sur 11 hivers, alors que la situation en altitude, l'origine des anticyclones, seront étudiées sur la totalité des vingt ans.

A)- ANTICYCLONES ET MASSES D'AIR

Pendant les onze hivers considérés, exactement 250 cas d'anticyclones ont été relevés.

Les masses d'air correspondantes se répartissent ainsi :

Polaire maritime + tropical maritime	0,8 ‰
Polaire maritime	45,6 ‰
Polaire maritime évolué	11,2 ‰
Polaire continental	30 ‰
Arctique maritime	6,4 ‰
Arctique continental	6 ‰

Les masses d'air maritime représentent donc 52 ‰ ; les masses d'air continental ou en cours de continentalisation n'atteignent que 48 ‰. Ce partage à peu près égal entre air maritime et air continental est valable, aussi bien pour l'air polaire que pour l'air arctique. L'air arctique continental dont nous avons noté la faible importance représente malgré tout un pourcentage non négligeable dans les types de temps anticycloniques d'hiver.

1)- Les anticyclones d'air arctique continental.

Sur les 15 cas d'anticyclones formés par un air arctique continental, 8 soit 53 ‰ sont des anticyclones typiquement thermiques surmontés d'air froid en altitude.

Le centre est assez variable :

Scandinavie	4 cas
Grande-Bretagne	6 cas
Russie	2 cas
Europe centrale	2 cas
Atlantique	1 cas

Par contre, l'air arrive sur la Normandie, venant d'un secteur compris entre Sud-Est et Nord-Est.

Air de Nord-Est : 5 fois, recouvert chaque fois en altitude par un air froid.

Air d'Est : 8 fois, surmonté 4 fois par de l'air chaud,
4 fois par de l'air froid.

Air de Sud-Est : 2 fois surmonté par de l'air chaud.

L'air arctique continental très froid arrive de latitudes très septentrionales par le Nord-Est ou l'Est. L'anticyclone thermique recouvre alors la région. Il est le plus souvent accompagné en altitude par une coulée d'air froid. Au contraire, s'il est coiffé d'une dorsale d'air chaud qui favorise encore l'affaissement de l'air, il peut atteindre des latitudes beaucoup plus basses et revenir sur nos régions avec une trajectoire de Sud-Est.

Ce type d'anticyclone est aussi très froid. Pour les 15 cas, la moyenne des températures minima atteint :

- 0°8 à Cherbourg
- 8°3 à Rouen
- 5°7 à La Hève
- 6°2 à Caen
- 7°4 à Alençon.

Cherbourg est beaucoup moins froide que les autres stations. Comme les masses d'air viennent surtout de l'Est et du Nord-Est, la partie nord du Cotentin est la région qui reçoit un air venant de la mer, air plus chaud pour cette raison. Pour les autres stations, la proximité de la mer joue un rôle assez faible puisque la masse d'air vient du continent.

La moyenne des températures maxima est inférieure à 0°, sauf à Cherbourg et Alençon :

- + 3°9 à Cherbourg
- 0°8 à Rouen
- 0°1 à La Hève
- 0°5 à Caen
- + 0°1 à Alençon

L'écart entre Cherbourg et les autres stations est moindre que lorsqu'il s'agit des minima. Comme les températures sont légèrement plus élevées, l'effet de réchauffement de la mer est moindre. De même, l'influence de la latitude joue un peu plus : ensoleillement plus long, situation plus éloignée de l'anticyclone froid ...

Entre ces divers types de temps, les principales différences proviennent de la direction des isobares et de la situation en altitude. Si l'on compare la station la plus chaude et la plus froide, les écarts varient selon ces deux facteurs :

<u>Direction</u> <u>des isobares</u>	<u>Rouen</u>	<u>Cherbourg</u>	
N.E.	- 7°2	- 0°6	Moyenne des minima
E.	-10°5	- 2°	
S.E.	- 2°5	+ 1°5	
N.E.	0°	+ 4°1	Moyenne des maxima
E.	- 2°4	+ 2°9	
S.E.	+ 1°8	+ 6°5	

La direction la plus froide est l'Est. Pour les températures minima, l'écart est très grand sauf pour la direction de S.E. (l'air vient de la terre à Cherbourg). Ces résultats sont semblables à ceux de l'étude effectuée dans la précédente partie. Aussi n'insisterons-nous pas davantage.

<u>En altitude</u>	<u>Rouen</u>	<u>Cherbourg</u>	
Dorsale chaude	- 6°	+ 1°3	Moyenne
Air froid	- 10°4	- 2°5	des minima
Dorsale chaude	+ 1°7	+ 5°7	Moyenne
Air froid	- 2°6	+ 2°3	des maxima

Les anticyclones thermiques sont beaucoup plus froids ; ils sont également plus couverts, parfois même quelques petites pluies peuvent toucher Caen ou Cherbourg. L'intérieur de la Normandie est moins couvert : cet air continental est extrêmement sec et très stable.

Les anticyclones dynamiques sont plus secs, plus clairs, plus chauds.

Dans les autres chapitres, nous ne reviendrons pas sur ces distinctions. Nous avons voulu montrer ici comment les facteurs étudiés dans la partie précédente jouent à l'occasion d'un temps particulier. Nous serions obligés de répéter de nombreuses fois les mêmes explications. Malgré tout, à propos de cet exemple, notons que la direction des isobares explique davantage les différences régionales de temps que la situation en altitude.

2)- Anticyclones d'air polaire continental.

Ils sont beaucoup plus nombreux. Ces anticyclones sont, dans l'ensemble, centrés plus au Sud que les précédents :

Scandinavie	16 %	
Grande-Bretagne	12 %	
Dorsale Atlantique - Mer du Nord ou Scandinavie		7 %
Mer du Nord	7 %	

Russie	16 %
Europe centrale	31 %
Atlantique	8 %
Région	2 %

L'anticyclone centré sur l'Europe Centrale est le plus fréquent.

Cette situation explique pourquoi l'air vient beaucoup plus souvent de Sud-Est que dans le cas précédent.

Air venant de Nord	4 %
Nord-Est	9 %
Est	36 %
Sud-Est	29 %
Sud	8 %
Sud-Ouest	4 %
Ouest	7 %
Nord-Ouest	0 %
Indéterminé	4 %

Enfin, la proportion des véritables anticyclones thermiques est très faible : 21 %. Dans tous les autres cas, l'air est surmonté en altitude par une dorsale chaude. Dans tous les anticyclones thermiques, le centre de l'anticyclone est situé très au Nord : Atlantique, Grande-Bretagne, Scandinavie surtout, et Russie. L'air vient de latitudes moins septentrionales que pour l'air arctique continental, et il est plus souvent surmonté d'une masse d'air chaud ; aussi les températures sont-elles plus élevées.

3)- Anticyclones d'air polaire maritime évolué.

L'air polaire maritime se continentalise en abordant l'Europe, comme nous l'avons vu page 98. Or, les anticyclones formés par cette masse d'air se caractérisent avant

tout par la présence en altitude d'une dorsale d'air chaud. Un air polaire maritime, pour se continentaliser, doit être recouvert par un anticyclone qui favorise ce phénomène : air stable, s'affaissant, et par suite s'asséchant. Les conditions thermiques seules auraient été insuffisantes.

Le centre de ces anticyclones est le plus souvent proche de nos régions :

Scandinavie	11 %
Grande-Bretagne	4 %
Dorsale Grande-Bretagne - Russie	14 %
Russie	7 %
Europe centrale	54 %
Atlantique	4 %
Région	7 %

Les directions des masses d'air sont plus diversifiées que dans les cas précédents :

Nord-Est	21 %
Est	21 %
Sud-Est	14 %
Sud	25 %
Ouest	11 %
Indéterminé	7 %

4)- Conclusion sur les anticyclones d'air continental.

Les anticyclones formés d'air continental ou en cours de continentalisation représentent 47,2 % des anticyclones pendant les onze hivers 1950-1961, c'est-à-dire à peu près autant que les anticyclones formés d'air maritime.

Dans plus de la moitié des cas, un anticyclone continental remplace un anticyclone maritime. Cette succession se fait, ou par transformation lente d'un air maritime sur

place comme le 4 et 5 Février 1959, ou par l'arrivée d'un front froid venant de l'Est, front très peu actif, ne donnant pas ou très peu de pluie. Les écarts de température sont alors plus accusés : exemple le 9-10 Janvier 1960.

Dans la très grande majorité des cas, l'anticyclone dynamique précède l'anticyclone thermique. Un anticyclone dynamique s'étend sur l'Europe occidentale, prolongé au Nord ou au Nord-Est par un anticyclone thermique ; un front marque la limite entre les deux. Progressivement, l'anticyclone thermique s'étend au sol, matérialisé par l'avance vers l'Ouest du front froid. En altitude, l'air froid avance le plus généralement vers le Sud-Ouest, et la dorsale chaude disparaît progressivement. L'anticyclone dynamique a disparu. Au sol, un temps perturbé s'établit au Sud, correspondant à la partie gauche de la coulée froide d'altitude. Ce temps dépressionnaire gagne progressivement vers le Nord et l'anticyclone disparaît sur la Normandie. Un temps de Nord, Nord-Est, Sud-Est s'est désormais établi sur la région. Cette évolution est celle de la période du 7 au 11 Janvier 1960. Ce cas survient lorsque la dorsale chaude d'altitude reste centrée sur le proche océan et s'infléchissant vers l'Est à des latitudes très septentrionales.

Au contraire, lorsqu'il se déplace vers l'Est, recouvrant progressivement la France et l'Europe occidentale et centrale, l'anticyclone reste toujours surmonté par une dorsale chaude en altitude et il sera remplacé, soit par

une perturbation qui vient de l'Ouest, qui sera d'abord bloquée et se déplacera à la périphérie de l'anticyclone, ou par coups de butoirs successifs qui repousseront cet anticyclone ; soit par un anticyclone formé d'air maritime lorsque le centre de la dorsale chaude d'altitude sera situé à l'Est de la Normandie.

Deux périodes, du 1er au 6 Février 1959 et du 6 au 11 Janvier 1960, permettront d'étudier en détail ce jeu de succession des masses d'air, tant au sol qu'en altitude.

5)- L'exemple du 1er au 6 Février 1959 (R p. 242-243).

Les chiffres de trois stations vont être relevés : Cherbourg, Caen, Rouen, stations de plus en plus continentales. Tous les éléments du climat pour ces stations seront notés à 6 heures et à 12 heures T.U.

Température	T
Humidité relative	HR
Direction du vent	D
Vitesse du vent	V en mètres-seconde
Nébulosité	N en octas.

Les principaux éléments du temps du 1er au 6 Février 1959

Situation à 6 h. T.U.

Jour	T	HR	D	V	N	T	HR	D	V	N
			<u>Cherbourg</u>					<u>Caen</u>		
1	4°6	62	E	6	4	0°4	85	E	6	0
2	5°	56	NE	13	0	1°2	83	ENE	7	1
3	4°3	62	ENE	12	3	2°	77	ENE	7	0
4	3°	61	E	8	0	1°7	70	E	5	5
5	1°	81	C	0	0	3°4	90	S	1	0
6	4°	97	E	1	0	1°2	94	SSE	2	2

Jour	T	HR	D	V	N	AIR	Centre de l'A	Direction des isobares	En altitude
			Rouen						
							Grande-Bretagne		
1	0°	84	N	3	0	PM	Mer du Nord	E	HP ch
2	- 2°	72	ENE	4	4	PM	"	E	HP ch
3	- 3°	86	E	1	0	PM	"	E	BP f
4	- 2°	78	E	2	0	PM	"	E	HP ch
5	- 5°4	92	C	0	0	PC	Mer du Nord à	E	HP ch
6	- 3°2	100	D	0	0	PC	Russie	SE	HP ch

Situation à 12 heures T.U.

Jour	Cherbourg			Caen			Rouen		
	T	HR	N	T	HR	N	T	HR	N
1	5°4	63	1	3°3	53	1	4°	64	0
2	5°1	51	1	1°2	68	1	1°5	47	7
3	2°6	72	6	0°1	77	3	1°4	74	0
4	2°6	72	7	0°6	62	7	2°1	57	7
5	7°2	71	0	5°2	52	1	5°7	52	1
6	9°9	62	1	7°8	64	0	7°4	58	0

Pendant ces six jours, aucun front n'est passé sur la Normandie. L'air maritime s'est progressivement refroidi sur place. Ce refroidissement a commencé de façon plus précoce et plus sensible à l'Est de la Normandie. Le gel n'avait épargné que la partie au Nord et à l'Ouest d'une ligne joignant le Mont-Saint-Michel à Longues. C'est seulement dans le Nord du Cotentin que le refroidissement a commencé le troisième jour. Le froid le plus important pendant les quatre jours où la Normandie reçoit de l'air maritime s'est fait sentir le 3, c'est-à-dire le jour où en altitude la région était surmontée par un air froid et par la partie

septentrionale d'une dépression centrée sur l'Espagne.

Nous savons que ce refroidissement est normal lorsque l'air en altitude est froid. Le 4, l'air froid en altitude a disparu et les températures ont augmenté. L'arrivée de l'air polaire continental s'est traduite par une baisse très importante des températures de la nuit, suivie d'un relèvement encore plus marqué des températures dans la journée. Le sixième jour, les températures à 6 heures sont semblables à celles qui ont pu être relevées au cours des quatre premiers jours. La direction des isobares a changé ; l'air qui arrive sur la Normandie vient de régions beaucoup plus méridionales, plus occidentales, ce qui explique le réchauffement.

L'humidité relative est beaucoup plus faible en air maritime qu'en air continental, et le 6, Rouen est dans le brouillard.

Comment expliquer ce phénomène ? Dans le premier cas, l'air vient de régions froides et septentrionales. Comme il contient très peu d'humidité, lorsqu'il arrive à proximité de la Manche où les températures sont plus élevées, l'humidité relative décroît : Cherbourg, la station la plus chaude, est également la plus sèche. Dans l'air polaire continental, en raison du changement progressif de l'origine de la masse d'air, l'air vient de régions plus méridionales et a tendance à se refroidir en arrivant plus au Nord. Le 6, Cherbourg, malgré ses 4°, n'est plus la station la plus sèche car le refroidissement se produit du Sud au Nord. Granville est la station la plus chaude. Dans la journée, en raison des températures plus élevées liées à l'origine de la masse d'air, l'humidité relative est assez basse.

La direction du vent change progressivement, en liaison avec la situation en altitude. Les isobares au sol, pendant 5 jours, ont une direction Est-Ouest. Mais en altitude, le changement est plus important :

le 1er,	l'air vient de Nord-Est
le 2	d'Est-Nord-Est
le 3	d'Est
le 4	de Sud-Est
le 5	de Sud-Est
le 6	de Sud.

La vitesse du vent est beaucoup plus grande dans l'air maritime que dans l'air continental, pour deux raisons :

1°- L'air maritime s'échauffe à la base en allant vers des régions plus maritimes, donc plus chaudes, à l'inverse de l'air continental. Mais cette raison est secondaire, car les directions de la masse d'air ne sont pas très différentes le 4 et le 5.

2°- Le vent dépend de la vitesse de la circulation en altitude. Ce sont les 2 et 3 Février que l'influence de la goutte froide se fait le plus sentir sur la Normandie et que le courant au-dessus de la région est le plus rapide. L'air en altitude entraîne l'air stable du sol et détermine la vitesse au sol. Les deux derniers jours, le gradient de pression en altitude est très faible.

Cet exemple de l'évolution du temps, pendant une période anticyclonique, montre l'importance de la masse d'air, bien sûr, mais plus encore l'influence de la situation en altitude et de la direction de la masse d'air.

6)- L'exemple du 6 au 11 Janvier 1960 (R p. 244-245).

Cet exemple présente une double évolution : la transformation progressive de l'air polaire en air polaire maritime évolué d'une part, l'arrivée d'un front froid venant d'Est, le 9, qui marque l'arrivée de l'air arctique continental froid. Le passage de ce front s'accompagne, en altitude, du remplacement d'une dorsale d'air chaud par une coulée d'air froid de Nord-Est. Dès le 11, un temps perturbé de Nord-Est s'installe sur notre région.

Les principaux éléments du temps du 6 au 11 Janvier 1960

Situation à 6 heures T.U.

Jour	Cherbourg						Caen					
	T	HR	D	V	N	T	HR	D	V	N		
6	7°2	73	NNE	5	3	4°4	83	NE	1	2		
7	3°9	87	C	0	0	0°2	96	E	1	6		
8	5°3	92	E	2	8	-0°3	88	O	0	8		
9	6°1	69	NE	7	0	1°5	89	ENE	5	0		
10	1°4	56	ENE	8	7	-4°4	54	ENE	10	0		
11	5°2	84	N	8	7	-1°3	85	W	5	8		

Jour	Rouen						Masses	Centre	Direction	Situation	
	T	HR	D	V	N		d'air	de l'A	des isoba.	en	altitude
6	0°8	92	NNE	1	0	PM	Grande-Bretagne	NE	HP	ch	
7	-2°	100	C	0	8	PM	Manche	S.E.	HP	ch	
8	1°	100	C	0	0	PM	Scandinavie	N.E.	BP	ch	
9	0°2	76	ENE	5	4	PME	"	N.E.	BP	fr	
10	-5°1	64	ENE	5	4	AC	Grande-Bretagne	NE	BP	fr	
11	-3°6	57	C	0	8	AC	Disparition	N	BP	fr	

Situation à 12 heures T.U.

Jour	Cherbourg					Caen					Rouen				
	T	HR	N	T	HR	N	T	HR	N	T	HR	N			
6	8°	71	6	7°5	74	3	4°6	90	0						
7	6°8	78	7	1°6	98	8	0°4	100	8						
8	7°4	71	3	0°8	94	8	1°6	100	8						
9	3°5	63	2	-0°8	67	3	-1°7	63	4						
10	1°2	45	6	-2°1	52	1	-3°1	56	1						
11	6°1	85	8	3°	95	8	-0°9	93	8						

Un premier refroidissement, le 7, en liaison avec un changement momentané des masses d'air qui viennent du Sud-Est au lieu du Nord-Est, c'est-à-dire du continent au lieu de la Manche. Il n'y a pas de différence importante entre les températures liées à la présence d'air polaire maritime ou d'air polaire maritime évolué.

L'air polaire maritime évolué est beaucoup plus sec que l'air maritime pour des températures équivalentes. Pour la vitesse du vent, l'influence de la situation en altitude est prépondérante comme dans l'exemple précédent. Au moment où la coulée froide commence à faire sentir son influence en altitude sur la Normandie, le gradient de pression s'accroît. La circulation devient très rapide en altitude et par suite au sol. Comme l'air arctique continental est recouvert par cette coulée froide, les vents sont beaucoup plus rapides que dans l'air maritime surmonté par une dorsale chaude. La comparaison des deux exemples montre que la rapidité des vents au sol n'est pas liée au type de masse d'air, mais à la vitesse des masses d'air en altitude.

Le passage du front froid marquant la séparation des deux masses d'air polaire et arctique et des deux types d'anticyclones dynamique et thermique se traduit par :

- un refroidissement important des températures : de 4°7 à Cherbourg à 5°9 à Caen ; l'écart est moindre dans la journée parce que le passage du front se situe aux alentours de midi, le 9, et que les effets sont donc répartis sur deux jours ;

- un assèchement de la masse d'air ;

- par une plus grande nébulosité à Cherbourg (l'air vient de la mer et se refroidit), mais moindre dans les stations intérieures car l'humidité relative y est plus faible.

Dans ce cas, le contraste entre les deux masses d'air est très net.

7)- Anticyclones d'air arctique maritime.

Ils sont assez rares et se caractérisent essentiellement par leur brièveté : au maximum deux jours, mais le plus souvent une seule journée. Dans la majorité des cas, l'anticyclone d'air arctique maritime est un anticyclone de fin de famille, de courte durée, entre deux types de temps perturbés : l'air froid de la traîne, dense et subsident, forme un anticyclone qui remplace les basses pressions. L'air arctique étant très froid, ce phénomène est donc assez fréquent. L'arrivée d'une nouvelle perturbation balaie le plus souvent cet anticyclone momentané. Dans ce cas, l'anticyclone est thermique, et en altitude, il correspond à une coulée froide. Dans les autres cas, il succède à de l'air polaire maritime, essentiellement dans les anticyclones centrés sur la Grande-Bretagne ou l'Atlantique Nord, mais très souvent cela représente alors la fin du type de temps. Enfin, dans le dernier quart des cas, il est remplacé par de l'air polaire continental. Dans ces deux derniers cas, l'anticyclone peut être ou thermique ou dynamique.

Au total, 63 % de ces anticyclones sont thermiques. Dans les deux cas où la durée a été de deux jours, le deuxième jour l'anticyclone est recouvert, en altitude, d'une dorsale chaude.

Comme pour les anticyclones d'air arctique continental, le centre est situé dans des régions septentrionales :

Atlantique :	50 % (mais au Nord de l'Atlantique)
Normandie	25 %
Grande-Bretagne	12,5 %
Scandinavie	12,5 %

Les directions reflètent ce phénomène :

Nord-Ouest	12,5 %
Nord	31,5 %
Nord-Est	12,5 %
Sud-Est	12,5 %
Indéterminée	31,5 %

Cette dernière direction correspond aux anticyclones centrés sur la Normandie. Le pourcentage assez élevé d'anticyclones centrés sur notre région s'explique par la dorsale mobile qui suit la perturbation. Le front est au Sud et à l'Est de notre région. Les hautes pressions liées à l'air froid de la traîne se situent alors sur la Normandie.

Ces anticyclones, parce qu'ils sont relativement brefs ou qu'ils suivent des masses d'air maritime, ne sont pas exagérément froids ; le 16 Janvier 1959, par exemple, les minima de température varient entre - 6° et + 3° :

Cherbourg	+ 3°
Granville	+ 1°
La Hève	- 1°
Alençon	- 1°
Caen	- 2°
Rouen	- 6°

Les maxima de température oscillent entre + 3° à Rouen et + 6° à Cherbourg. Le ciel est parfois couvert ; la brume ou le brouillard se produisent comme pour les cas précédents, surtout à l'intérieur, où les températures sont beaucoup plus basses. La vitesse du vent dépend, là aussi, de la situation en altitude.

8)- Anticyclones d'air polaire maritime.

Ce sont les plus nombreux. Les anticyclones thermiques sont rares : ils ne représentent que 17 % des cas. Ce sont, le plus souvent, des cas isolés ou qui sont suivis d'anticyclones dynamiques. Leur origine est semblable à celle des anticyclones arctiques maritimes : une dorsale mobile liée à une traîne d'air froid. Quelquefois, l'anticyclone thermique correspond à une coulée froide de Nord-Est telle qu'on la rencontre dans les anticyclones continentaux.

Dans 83 % des cas, ces anticyclones correspondent en altitude à une dorsale chaude. Leur température est très variable et dépend essentiellement de la direction de la masse d'air.

Toutes les directions sont représentées :

Ouest	13 %
Nord-Ouest	4 %
Nord	7 %
Nord-Est	6 %
Est	23 %
Sud-Est	9 %
Sud	15 %
Sud-Ouest	8 %
Indéterminée	15 %

Malgré la présence d'air maritime, une fois sur quatre seulement, l'air vient de l'Atlantique. La direction la plus fréquente est l'Est. L'air maritime se continentalise difficilement sur l'Europe occidentale. Cela s'explique aisément puisque l'anticyclone correspond 8 fois sur dix à une énorme épaisseur d'air chaud qui est simplement refroidi à la base. Notre région jouit de températures relativement

douces et le refroidissement sera très lent.

Le centre de ces anticyclones est le plus souvent sur l'Atlantique et l'Europe occidentale :

Atlantique	25 %
Grande-Bretagne	10 %
Normandie	13 %
Sud de la France	1 %
Golfe de Gascogne	1 %
Manche	1 %
Mer du Nord	5 %
Sud de l'Italie	4 %

Les anticyclones maritimes centrés sur l'Europe occidentale ou l'Atlantique représentent donc 60 % au lieu de 29 % pour les anticyclones polaires continentaux :

Europe centrale	15 %
Scandinavie	7 %
Russie	11 %

Donc 33 % seulement au lieu de 63 % ont une origine assez orientale.

Dorsale Atlantique - Russie 4 %

Une première remarque s'impose : il y a une différence assez importante entre les anticyclones centrés sur la Scandinavie dont la moitié sont des anticyclones purement thermiques et ceux centrés sur l'Europe centrale et la Russie qui sont tous recouverts par une dorsale chaude en altitude. Ces anticyclones de Russie et surtout d'Europe centrale se développent vers le Sud et l'air arrive au secteur Sud (Sud-ouest à Sud-Est), dans 62 % des cas pour

les anticyclones centrés sur la Russie et dans 94 % des cas pour ceux d'Europe centrale.

Ces anticyclones peuvent parfois être fort chauds :

17° à Rouen le 14 Février 1958,
17°9 à Cherbourg et }
19°1 à Rouen } le 26 Février 1959
19°5 à Rouen le 26 Février 1959.

Ces chiffres correspondent à des anticyclones dynamiques, dont le centre est établi sur l'Europe centrale. Les masses d'air viennent de Sud-Ouest.

A l'autre extrémité de l'échelle, on note 1°9 à Cherbourg et - 3°5 à Alençon avec un anticyclone centré sur la Mer du Nord et un flux d'Est. Ces anticyclones maritimes sont doux, et les températures à Cherbourg sont exceptionnellement inférieures à 0°. Quelles que soient les stations, les maxima sont toujours supérieurs à 0°. Mais, là encore, selon l'origine de la masse d'air, les différences sont considérables.

Il n'y a pas d'anticyclones formés d'air tropical en hiver. Pendant ces onze ans, on note seulement deux cas, les 3 et 4 Janvier 1956, où de l'air tropical est mélangé à de l'air polaire maritime, anticyclone dynamique, dont le centre se déplace rapidement vers l'Est : Atlantique, puis Europe centrale. Les températures n'étaient pas très élevées :

de 6°5 à 8°1 à Cherbourg le 3,
de 2°8 à 6°9 le 4.

9)- Conclusion

Les différences de masses d'air sont donc très importantes. Le plus froid est l'air arctique continental. Puis viennent l'air arctique maritime, puis l'air polaire continental plus varié, et enfin l'air polaire maritime. L'humidité relative varie en fonction de la température de l'air, et pour cette raison, l'air continental peut parfois être aussi humide que l'air maritime. La vitesse des vents est indépendante de la masse d'air, mais dépend de la situation en altitude. Le principal facteur de différenciation au sein de la masse d'air provient surtout de sa direction. Aussi est-il intéressant de voir la proportion des diverses masses d'air en liaison avec la direction des isobares.

Répartition des masses d'air selon la direction de ces masses d'air pendant les onze hivers 1950-1961

<u>Direction</u>	<u>Arctique</u> <u>conti-</u> <u>ental</u>	<u>Polaire</u> <u>conti-</u> <u>ental</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u> <u>évolué</u>	<u>Polaire</u> <u>maritime</u>	<u>Arctique</u> <u>maritime</u>
Nord	-	13 %	7 %	47 %	33 %
Nord-Est	20 %	24 %	20 %	32 %	4 %
Est	12 %	39 %	9 %	40 %	-
Sud-Est	6 %	50 %	17 %	22 %	6 %
Sud	-	56 %	21 %	24 %	-
Sud-Ouest	-	21 %	-	79 %	-
Ouest	-	23 %	14 %	64 %	-
Nord-Ouest	-	-	10 %	70 %	20 %
Stagnation	-	8 %	8 %	63 %	21 %

Cette répartition est assez logique. L'air tourne autour des anticyclones dans le sens des aiguilles d'une

montre. L'air arctique continental, par exemple, vient du Nord-Est. C'est évident si on regarde les coulées froides d'altitude. Un air qui vient du Nord-Est tournant autour du centre de l'anticyclone changera de direction : Est, puis Sud-Est. En conséquence, l'air polaire continental sera le plus important dans la dernière direction qui passe sur le continent, c'est-à-dire Sud. L'air qui vient du Sud-Ouest arrive de l'océan après avoir traversé une terre plus ou moins vaste, selon la région de Normandie. L'air venant de Nord-Ouest n'est jamais continental : il a obligatoirement effectué un trajet assez long sur l'océan.

L'air polaire maritime évolue se répartit plus également selon les directions. Il est l'intermédiaire entre l'air polaire maritime et l'air polaire continental.

L'air polaire maritime évolue moins régulièrement, mais en suivant malgré tout des lois similaires. Trois secteurs apparaissent :

1°- Il représente la principale masse d'air lorsque cette dernière vient de Sud-Ouest, d'Ouest ou de Nord-Ouest. A cette catégorie appartiennent les anticyclones qui ont leur centre sur la Normandie ou dont le gradient thermique est tel qu'il est impossible de définir la direction de la masse d'air.

2°- Il reste encore important lorsqu'il vient du secteur Nord à Est. Une partie s'est déjà continentalisée.

3°- Il ne joue qu'un rôle secondaire dans les deux directions de Sud et de Sud-Est. Un angle de 180° le sépare alors de son point d'origine.

L'air arctique maritime ne vient guère que du Nord-Ouest ou du Nord. La répartition des masses d'air dans les anticyclones centrés sur notre région est semblable à celle des anticyclones qui envoient sur la Normandie un air de Nord-Ouest. C'est assez normal car ils ont souvent la même origine : ils sont dus à l'air froid qui s'accumule dans les traînes actives.

B)- ANTICYCLONES ET SITUATION EN ALTITUDE

L'étude précédente a montré qu'il y avait deux types d'anticyclones surmontés par de l'air froid. Le premier se forme dans l'air continental, correspond à un anticyclone thermique situé en Europe centrale ou orientale, s'étend progressivement sur notre région et s'accompagne en altitude d'une coulée d'air froid d'Est, mais plus fréquemment de Nord-Est. Il peut durer cinq jours, mais dans 54 % des cas, il ne dure qu'une journée. Il est très froid, souvent nébuleux. Parfois, surtout à Cherbourg, il est accompagné de quelques précipitations qui tombent sous forme de neige le plus fréquemment. Le vent peut être assez rapide. Au sol, le gradient thermique est faible et la masse d'air subit l'influence de la situation en altitude. Dans la plupart des cas, le centre de la coulée se situe au Sud de la Normandie ; notre région se trouve sur le bord droit de la coulée et le gradient de pression en altitude est souvent assez fort, ce qui explique la vitesse du vent au sol.

L'anticyclone d'air maritime surmonté par une masse d'air froid correspond à la remontée de pression qui se

produit dans l'air froid d'une traîne active. D'où la brièveté de ce type de temps : 95 % des cas durent seulement une journée. L'air est beaucoup moins froid que dans le cas précédent. Les hautes pressions au sol subsistent uniquement si de hautes pressions en altitude recouvrent la région. Assez souvent, ce n'est qu'un intervalle entre deux types de temps perturbés. La vitesse du vent est variable.

Les anticyclones surmontés d'air froid sont peu nombreux : 23 % seulement pendant les vingt hivers 1951-1970. Le pourcentage est très variable selon les directions.

Pourcentage des anticyclones purement thermiques
en fonction des directions des masses d'air

<u>Direction</u>	<u>Pourcentage</u>
Nord	43 %
Nord-Est	34 %
Est	37 %
Sud-Est	6 %
Sud	3 %
Sud-Ouest	8 %
Ouest	39 %
Nord-Ouest	22 %
Stagnation	10 %

Lorsque l'air vient d'un secteur méridional, seuls les anticyclones dynamiques peuvent exister.

Lorsque l'air vient du secteur Nord à Nord-Est, le pourcentage des anticyclones purement thermiques est assez fort, bien qu'il reste toujours inférieur à celui des anticyclones dynamiques. Ces anticyclones thermiques sont alors formés surtout d'air continental.

Lorsque l'air vient de l'Ouest et du Nord-Ouest, les anticyclones thermiques constitués dans un air maritime sont un peu moins nombreux.

Cette proportion des anticyclones dynamiques et des anticyclones thermiques en fonction de chaque direction de masse d'air ne doit pas cacher une réalité importante : la prépondérance des directions de secteur Est. Pour les anticyclones dynamiques :

25 %	des anticyclones ont un air qui vient du Sud-Est
24 %	" " d'Est
13 %	" un air stagnant
12 %	" ont un air qui vient du Sud.

Les autres directions ont un pourcentage faible.

Pour les anticyclones thermiques :

42 %	des anticyclones ont un air qui vient d'Est
14 %	" " du Nord-Est
11 %	" " d'Ouest.

Les autres directions ont un pourcentage faible.

La grande différence entre les deux types d'anticyclone est le rôle plus important des masses d'air venant du Sud ou surtout du Sud-Est, dans les anticyclones dynamiques. Ceci est normal puisque les coulées chaudes, liées à ce type de temps, viennent du Sud.

Deuxième différence, le pourcentage des masses d'air stagnant dans les anticyclones dynamiques qui correspondent au sol à un anticyclone centré sur la région ou au centre d'une dorsale généralement Ouest-Est. En altitude, très fréquemment, l'axe de la coulée chaude passe par notre région.

Dernière différence, le pourcentage des masses d'air qui viennent de l'Ouest dans les anticyclones thermiques n'est pas négligeable. Il correspond aux hautes pressions engendrées par une traîne active.

La localisation du centre des anticyclones marquant le départ de la masse d'air est aussi importante. Pour simplifier la classification, les dorsales ont été reclassées dans les anticyclones. Par exemple, une dorsale s'étendant de l'Atlantique à la Russie sera classée dans les anticyclones centrés sur la Russie si le flux vient d'Est, ou dans les anticyclones atlantiques si le flux vient d'Ouest.

Localisation du centre des anticyclones thermiques

<u>Lieu</u>	<u>Pourcentage</u>
Atlantique	36 %
Scandinavie	20 %
Russie	16 %
Grande-Bretagne	15 %
Europe centrale	7 %
Région	5 %

Localisation du centre des anticyclones dynamiques

<u>Lieu</u>	<u>Pourcentage</u>
Europe centrale	30 %
Russie	13 %
Atlantique	13 %
Manche, Mer du Nord, Pays-Bas	13 %
Grande-Bretagne	12 %
Normandie	10 %
Scandinavie	6 %
Espagne, Italie, France du Sud, Golfe de Gascogne	3 %

La différence entre ces deux tableaux est très nette : pendant la période 1951-1970, les anticyclones purement thermiques ont leur centre sur l'Atlantique et dans l'Europe du Nord, pays d'origine de masses d'air froides. Les anticyclones dynamiques ont leur centre en Europe centrale et dans la région de la Mer du Nord, régions beaucoup moins froides que les précédentes. Le pourcentage des deux types d'anticyclones, en fonction de la position de leurs centres, souligne encore plus cette différence.

Pourcentage des anticyclones thermiques ou dynamiques
suivent la position du centre des anticyclones

<u>Lieu</u>	<u>Pourcentage</u>	
	<u>d'A. dynamiques</u>	<u>d'A. thermiques</u>
Scandinavie	50 %	50 %
Atlantique	55 %	45 %
Russie	73 %	27 %
Grande-Bretagne	72 %	28 %
Normandie	87 %	13 %
Europe centrale	93 %	7 %
Espagne, Italie, France du Sud, Golfe de Gascogne	100 %	0 %
Manche, Mer du Nord, Pays-Bas	100 %	

Lorsqu'un anticyclone thermique s'établit en Normandie, il survient soit à la suite d'une traîne active (centre sur l'Atlantique), soit parce qu'il reçoit des masses d'air venant de régions nordiques (Scandinavie et secondairement Grande-Bretagne), soit de régions très continentales (Russie), de toute façon de régions qui sont très froides, à

l'exception de la Grande-Bretagne. Mais un anticyclone centré sur la Grande-Bretagne envoie sur la Normandie un air de Nord ou de Nord-Est qui arrive directement des régions polaires.

Soulignons la part négligeable des anticyclones thermiques lorsque le centre est sur l'Europe centrale. Ceci est très important car les anticyclones d'Europe centrale sont les plus fréquents.

C)- ANTICYCLONES ET ORIGINE DE LA MASSE D'AIR

La situation en altitude est certes importante, mais l'origine de la masse d'air détermine les différences les plus grandes. Souvent, une crête en altitude s'étend sur le proche océan ; elle correspond au sol à de l'air venant de Nord-Ouest à Nord-Est. La crête se déplace lentement et la Normandie est désormais située à l'arrière de la crête. Le temps est alors totalement différent. Le contraste le plus important survient peut-être au printemps où, à un temps d'hiver, succède un temps d'été, les maillots de bain remplaçant les gros pulls.

Pendant ces vingt hivers, la position du centre des anticyclones se répartit ainsi :

Europe centrale	25 %
Atlantique	18 %
Russie	14 %
Grande-Bretagne	12 %
Mer du Nord	10 %
Scandinavie	10 %
Région	9 %
Sud de l'Europe	2 %

Un anticyclone sur quatre est donc centré sur l'Europe centrale, le plus souvent dans une zone recouvrant l'Autriche, la Tchécoslovaquie, la Hongrie et le Sud de la Pologne.

La localisation sur l'Atlantique est moins précise : à l'Ouest de la France, à l'Ouest de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, au niveau de l'Islande. Selon les cas, les différences de température peuvent être très importantes. Fréquemment, une dorsale de hautes pressions s'étend sur tout l'Atlantique, à proximité de l'Europe. La partie Sud est surmontée d'une crête d'air chaud, la partie Nord est un anticyclone thermique. Les deux masses d'air sont séparées par un front.

Nous préférons employer le terme de Russie plutôt que celui de Sibérie. Ou l'anticyclone est surmonté d'une masse d'air chaud et représente alors le déplacement vers l'Est de l'anticyclone d'Europe centrale et le centre se situe donc en Russie ; ou l'anticyclone est thermique et le centre est assez souvent plus au Nord, à proximité de la frontière finlandaise. L'anticyclone sibérien susceptible de faire sentir son influence sur la France ne peut être que thermique et ce phénomène survient rarement. La succession crête-vallée, presque toujours existante en hiver, explique la prédominance d'un temps perturbé sur l'Europe occidentale lorsque la crête de hautes pressions est au-dessus de la Sibérie.

Les anticyclones sur la Grande-Bretagne, la Mer du Nord et la Manche, sur la Scandinavie, sont à peu près aussi nombreux ; lorsqu'un anticyclone centré sur la Grande-

Bretagne se déplace vers l'Est, il passe par la Mer du Nord et aboutit souvent en Scandinavie. Quelquefois le centre de l'anticyclone suit la Manche, puis la Mer du Nord, et continue plutôt vers l'Europe centrale que la Scandinavie. La disparition progressive de ces anticyclones dynamiques sur la Scandinavie est compensée par le développement plus important des anticyclones thermiques.

Les anticyclones centrés sur la région se rencontrent surtout dans trois cas :

- entre deux types de temps perturbés,
- bref épisode lors du glissement du centre d'un anticyclone de l'Atlantique à l'Europe centrale,
- centre de la dorsale d'altitude au-dessus de la Normandie.

Sauf dans ce dernier cas, ce type d'anticyclone ne dure guère plus d'une journée.

Les anticyclones dont le centre se situe dans la partie Sud de l'Europe et qui font sentir leur influence sur la Normandie sont extrêmement rares. Et pourtant entrent dans cette catégorie les anticyclones centrés sur l'Espagne, l'Italie ou la Méditerranée et ceux, un peu plus nombreux, au-dessus du Golfe de Gascogne.

L'étude des anticyclones va être effectuée surtout en fonction du centre de l'anticyclone et de la direction de la masse d'air.

Quel est l'intérêt de cette distinction ? Il est incontestable qu'un anticyclone centré sur l'Europe centrale donnera un temps totalement différent si la Normandie reçoit

un air de Sud-Ouest qui se dirige vers l'Europe centrale, ou si au contraire elle est atteinte directement par un air qui vient d'Est.

Dans les deux cas, il ne pleut pas. Par air venant d'Est, à l'exception de Cherbourg qui occupe une position favorable au coeur de la Manche, l'influence de la mer joue peu car l'air vient de l'intérieur. Les minima sont nettement plus bas que par air venant de Sud-Ouest. Dans ce dernier cas, une partie des stations reçoivent un air ayant traversé une étendue marine et ont des températures assez élevées. Le contraste entre les stations les plus chaudes et les plus froides atteint 8°5 au lieu de 4°8.

Les maxima sont encore plus différents. Par air d'Est, ils sont frais sinon froids, et Cherbourg reste la station la plus chaude. Par air de Sud-Ouest, les températures sont quasiment estivales et les stations côtières, comme en été, sont les moins chaudes. Ce contraste de température s'explique par une insolation plus importante, par un air doux venant du Sud-Ouest facilement réchauffé dans la journée.

Cet exemple montre toute l'importance de la direction de la masse d'air pour expliquer le temps.

Aussi allons-nous effectuer la moyenne de tous les types anticycloniques en fonction du centre de leur anticyclone et de la direction de leur masse d'air pendant les hivers de 1951 à Février 1966. Nous sommes obligée de nous arrêter à cette date, car ensuite la station de Cherbourg-

Chantereyne a été remplacée par Maupertus et à partir du 1er Mars 1968 la station de Rouen-Rouvray a été transportée à Boos (R, p. 246-251).

L'analyse de ce tableau montre l'importance de la direction des masses d'air pour distinguer les anticyclones. La position du centre de l'anticyclone ne joue qu'un rôle secondaire.

Quatre types principaux apparaissent :

1°- Les anticyclones très froids à faible amplitude : les minima et les maxima sont très bas, l'insolation est forte. Ils comprendront essentiellement les anticyclones centrés sur la Scandinavie et l'Atlantique (les plus rigoureux) ou sur l'Europe centrale et dirigeant sur la France un flux de Nord à Est.

2°- Les anticyclones très froids à forte amplitude, avec des minima rigoureux, des maxima modérés, une insolation moyenne ; ils dirigent sur la Normandie un flux d'Est à Sud.

3°- Les anticyclones à alimentation océanique, aux minima et maxima moyens, à l'insolation médiocre ; ils envoient sur la France un flux maritime d'Ouest ou Nord-Ouest ou ont leur centre sur nos régions.

4°- Les anticyclones tièdes ou chauds, aux minima moyens, aux maxima élevés. Ils dirigent sur la Normandie un flux de Sud ou de Sud-Ouest.

Pour chaque type, nous choisirons un exemple offrant une séquence la plus longue possible.

D)- ETUDE DES PRINCIPAUX TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES

D'HIVER.

1)- Anticyclones très froids à faible amplitude.

Le début de la troisième décade de Février 1962 est assez caractéristique de ce temps.

Le 20 Février 1962, une dorsale A7 se développe dans l'air froid postérieur à la perturbation 7 b. Cette dorsale glisse le 21 Février de l'Ouest de la Norvège vers l'Est. Elle s'installe sur la Suède et la Finlande tout en se renforçant (influence du sol gelé de ces régions).

20 Février à	6 heures T.U.	1020 mb
	18 heures T.U.	1030
21 Février à	6 heures T.U.	1035 mb
	18 heures T.U.	1045 mb
22 Février à	6 heures T.U.	1050 mb

L'influence de cet anticyclone se manifeste brutalement avec l'arrivée d'un front froid, dans la journée du 21 Février 1962, front venant de l'Est et qui disparaîtra progressivement le 22 Février. Ce front froid indique seulement l'arrivée de masses d'air continental froid et sec ; il n'apporte aucune pluie.

Dans la nuit du 21 au 22, les températures diminuent surtout dans la partie Est de la Normandie.

Evolution des températures

	Minimum de température pendant la nuit									Maximum de température pendant la journée							
	Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou	LB	B		Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou	LB	B
21	7	4	2	0	4	3	1	7	8	10	9	10	9	8	11	8	
22		5	2	0	-1	0	0	4	5	7	5	5	5	5	5	5	8
23		3	-1	-2	-2	-2	-2	2	3	2	2	1	0	1	3	2	
24		2	-2	-3	-3	-3	-4	-1	4	4	1	2	1	2	2	5	
25		2	-2	-3	-4	-3	-4	-2	4	4	1	2	1	2	2	5	

La température continue à diminuer jusque dans la nuit du 24 Février. Les amplitudes sont faibles : 6° au maximum. Le refroidissement est généralisé. Il y a peu de différence entre les stations, sauf à Cherbourg plus chaud de 4° environ la nuit, de 2° dans la journée. Ceci s'explique facilement puisque Cherbourg est la seule station qui reçoive un air qui vient de la mer. L'air arrive de Nord-Est, de régions très froides, situées aux confins de la Scandinavie et de l'U.R.S.S. ; la trajectoire tourne à l'Est à partir de l'Europe centrale. L'air circule sur un continent très froid en cette saison.

D'autre part, l'anticyclone n'est pas surmonté d'air très chaud à 500 mb. Dès le 22, les hautes pressions se déplacent vers le Nord, et il ne reste plus qu'un col. Le 23 (R, p.252), un courant rapide de Nord-Est recouvre la Normandie et le 24 (R, p. 253), la région est située sous une zone de basses pressions froides, à 500 millibars. Nous avons vu précédemment que les températures étaient plus basses lorsque en altitude de l'air froid existait.

L'insolation est très forte dans l'ensemble : sécheresse de l'air, sol plus chaud en Normandie que dans les régions traversées, la masse d'air venant de l'Est.

Insolation

	<u>Rouen</u>	<u>La Hève</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>
21	4,5	3,2	6	7,9
22	7,8	8,2	9,2	8,8
23	6	6,2	5,1	4,6
24	7,1	8	8,5	8,1

L'insolation est plus faible le 23, surtout dans la partie Sud ; une occlusion a dispensé quelques traces de pluie. D'autre part, ce jour-là, le gradient barométrique est élevé sur la région.

La nébulosité est plus forte à Cherbourg : l'air vient de la mer et arrive sur un continent froid.

Le vent est assez fort : 30 noeuds à Cherbourg : gradient barométrique assez élevé au sol, très élevé en altitude. Ce vent empêche, du reste, la formation de brouillards.

Progressivement, les basses pressions situées sur la Méditerranée, le 23 Février, gagnent le Nord, et le 25 Février la Normandie est incorporée dans cette zone dépressionnaire.

En résumé, le caractère froid, de faible amplitude, ensoleillé et éventé, s'explique :

1°- par un air froid venant de Nord-Est, puis d'Est, très sec ;

2°- par un air plutôt froid en altitude, associé à une dépression ;

3°- par la position marginale de la Normandie par rapport au centre de l'anticyclone : gradient barométrique assez accentué et vents assez forts.

Des températures plus basses peuvent se produire, mais il faut pour cela que des types très froids aient déjà

précédé l'établissement de ce type d'anticyclone : temps perturbé de Nord-Ouest et surtout de Nord ou Nord-Est ou autre type d'anticyclone continental. L'exemple choisi a succédé au contraire à un type de temps doux et le refroidissement constaté lui est imputable. Ce qui distingue surtout ce type d'anticyclone, ce sont les maxima de température fort bas, voisins de 0°, à la rigueur 2 à 3°. Seul le Cotentin est très légèrement plus chaud ; le froid vient de l'Est, de la terre, et La Hève n'est guère plus chaude que Rouen.

2)- Anticyclones très froids à forte amplitude.

Dans l'exemple précédemment choisi, l'amplitude était faible, le plus souvent inférieure à 5°.

La dernière décade de Février 1963 peut servir d'exemple à la deuxième et troisième catégorie que nous avons distinguées :

- minima de température bas ou très bas,
- maxima bas pour la première catégorie (mais l'amplitude est plus forte que dans le premier cas, bien supérieure à 4°),
- maxima plus élevés pour la troisième catégorie.

Contrairement à l'exemple de Février 1962, le temps était déjà très rigoureux. Le 21 Février 1963, un air froid et instable de Nord couvre la France. Le champ de pression va s'élever progressivement dans toute l'Europe, de la France à la Russie.

En Normandie, la pression était inférieure à 1020 millibars, à 18 h. T.U., le 21. Elle était inférieure à 1015 millibars en Pologne. Le point de pression le plus élevée

atteint (en Europe centrale) :

1020 mb le 22 à 6 h. T.U.

1025 mb le 22 à 18 h. T.U.

1030 mb le 23 à 18 h. T.U..

Ces hautes pressions dirigent sur la France un flux d'Est.

Ce n'est que le 26 Février qu'une masse d'air plus froid, venant du Nord-Est, renforcera l'anticyclone dans sa partie orientale. Le centre de haute pression est désormais au Nord de la Russie. Cette poussée de Nord-Est entraîne un changement dans la direction des masses d'air qui viennent désormais de Sud-Est les 26, 27 et 28 Février. Pendant toute cette période, la Normandie est recouverte en altitude par de basses pressions et un air froid :

- 30° le 22 Février 1963

- 35° le 23

- 30° le 24

- entre - 25 et - 30° le 25 et le 26.

L'air en altitude se réchauffe à partir du 26 Février, coïncidant avec le changement de direction des masses d'air :

- entre - 20° et - 25° le 27

- entre - 15° et - 20° le 28.

La pression en altitude a suivi la même évolution. La Normandie est traversée par l'isohypse

536 dam le 22

540 le 23

544 le 24

548 le 25

552 le 26

560 le 27 et le 28.

Quelles sont les principales différences avec le cas précédent ?

1°- Le gradient barométrique est plus faible. Ce n'est qu'à partir du 26 que l'élévation atteint 1040, et le centre de l'anticyclone est situé très loin de la France.

2°- Si l'on considère le temps jusqu'au 25 compris (R, p. 254) (2e catégorie), la Normandie est fort proche du centre de l'anticyclone et le flux au sol, de ce fait, est assez lent. En altitude, il est plus rapide. Mais les flux sont de directions différentes. Le principal résultat est l'absence de vent ou tout au moins un vent très faible : 10 noeuds au maximum à Cherbourg. Dans le cas précédent, au contraire, le vent était fort, il empêchait la stagnation de l'air près du sol, et par suite un trop grand refroidissement dû au rayonnement nocturne ; il empêchait également la formation de brouillards.

Dans cet exemple-ci, la turbulence de l'air est pratiquement inexistante. L'air froid, la nuit, va se refroidir sous l'influence du rayonnement vers l'espace. Les brouillards deviennent très fréquents.

L'évolution des températures est significative.

Evolution des températures

	Minima de température								Maxima de température							
	Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou	LB	Br	Ch	Ro	Ca	Al	He	Rou	LB	Br
21	1	0	-2	-3	0	-2	-6	-1	4	4	2	3	2	0	1	6
22	1	0	-4	-12	-3	-7	-8	-1	6	8	2	0	2	1	0	7
23	-1	0	-4	-12	-3	-10	-10	-1	4	4	2	2	2	2	2	7
24	-3	-5	-7	-15	-5	-7	-9	-1	3	3	1	0	3	2	0	4
25	-4	-5	-6	-9	-4	-8	-9	-5	3	5	3	2	4	4	1	5
26	-1	-3	-5	-10	-4	-4	-7	-3	4	4	5	3	5	7	5	8
27	2	-2	-3	-7	0	-2	-5	-1	6	9	6	4	6	7	4	11
28	1	1	-3	-6	-1	-2	-4	1	5	10	5	5	7	8	6	12

Le 24 et le 25 Février 1963 (R p. 254-255) sont très représentatifs des types d'anticyclone de la deuxième catégorie (froids mais à forte amplitude). L'amplitude varie, le 24, de 6 à 15° ; le 25, de 7 à 12°. Les maxima sont semblables à ceux du type N° 1 étudié précédemment pour la même raison : air continental froid, air froid en altitude

qui freine le réchauffement diurne. Les minima sont, par contre, beaucoup plus bas en raison du très fort rayonnement nocturne, puisqu'il n'y a guère de vent. Cette stabilité de l'air explique les écarts importants entre les stations : La Hève est beaucoup plus chaude que Rouen, Cherbourg ou la Pointe du Roc que les stations de l'intérieur. Dans le cas précédent, la turbulence de l'air entraînait une relative égalisation des températures ; ce n'est pas le cas dans cet exemple. La brume ou le brouillard sont fréquents, surtout dans l'intérieur plus froid. L'insolation est forte : de 6,6 h à 8,6 le 24, de 8,2 à 9,4 h le 25. Mais il arrive fréquemment, dans ce type de temps, que les brouillards soient fort épais et ne se dissipent pas au cours de la journée.

Dans la troisième catégorie, représentée par le 27 et le 28 Février (8 p. 256-257), les minima de température sont encore très bas, bien qu'en cours de réchauffement, surtout dans l'Ouest de la Normandie.

Cela s'explique aisément : la trajectoire est moins continentale. L'air traverse des régions moins froides en raison de la proximité de la mer, et se refroidit moins à la base que dans le type N° 2 où l'air venait de l'Est. Mais la masse d'air se déplace toujours lentement et le rayonnement nocturne reste fort.

Les maxima sont plus élevés : les masses d'air viennent de régions plus méridionales, où la durée de l'insolation est plus longue ; la trajectoire est moins continentale ; enfin, en altitude, l'air est plus chaud ; l'ensemble de la masse d'air se réchauffe donc plus rapidement.

La Pointe du Roc est nettement plus chaude, dans ce cas, que Cherbourg, dans la journée : air plus maritime, donc plus chaud à la Pointe du Roc située à l'extrémité d'une presqu'île. A Cherbourg, cette direction n'apporte qu'un air continental. L'insolation est excellente :

	27	28 Février 1963
Rouen	9,5 m	9,1 h
La Hève	8,2	9,2
Caen	9,4	9,6
Alençon	8,7	9

Les différences entre les stations sont normales et sont à peu près les mêmes, quelle que soit la durée de l'insolation (ce phénomène est lié à la position de la station).

3)- Anticyclones à alimentation océanique.

Ils sont doux, assez souvent brumeux, dans l'ensemble peu ensoleillés. On peut en distinguer deux types principaux :

a)- Anticyclones à alimentation océanique surmontés d'air froid.

Ils sont assez rares et durent peu de temps. Ils sont dus à l'invasion d'air froid qui suit le passage du front froid d'une perturbation.

Le 21 Février 1971, les pressions augmentent dans la traîne ; la ligne des 1015 millibars qui traversait l'extrême Ouest de la Normandie à 6 heures s'est déplacée vers le Nord et se trouve à 18 heures en Belgique.

Le 22 Février (R p. 258-259), à 6 heures, un anticyclone de 1025 mb, centré sur la Bretagne, envoie sur la Normandie un flux de Nord-Ouest. En altitude, la Normandie est encore surmontée par de l'air froid (inférieur à - 25°) ; mais une coulée chaude liée à une dorsale chaude se développe sur le proche Océan. Ce phénomène entraîne le renforcement de l'anticyclone au sol et la transformation progressive de ce type d'anticyclone. Dès le 23 Février, la Normandie est surmontée par de l'air chaud, ce qui entraîne le type qui sera étudié ci-dessous.

Ce 22 Février, les températures minima sont assez douces. Les températures sont négatives seulement dans l'inté-

rieur :

Rouen - 0°4 (et non plus 1° indiqué dans le B.Q.E.)
 Evreux - 1°
 mais 4°8 à La Hève
 0°3 à Caen
 2°4 à Alençon
 3°7 à Cherbourg.

Les températures diurnes sont élevées pour la saison grâce à une bonne insolation.

	<u>Maxima</u> <u>de température</u>	<u>Insolation</u>
Rouen	8°6	8,6 h
Evreux	9°1	8,3
La Hève	8°4	7,7
Caen	10°1	8,1
Alençon	10°2	9
Cherbourg	7°8	9,3

Dans ce type d'anticyclone qui fait suite à une traîne, l'air est un peu moins humide (air froid subsident). Les vents sont plus ou moins forts (cela dépend essentiellement du creusement de la zone dépressionnaire autour de laquelle circule la perturbation). Dans ce cas précis, le gradient est très faible et les vents de Nord-Ouest sont insignifiants.

Ce type d'anticyclone s'achève rapidement, remplacé par un temps perturbé, ou comme dans notre exemple se transforme en anticyclone surmonté d'air chaud avec le développement des hautes pressions en altitude.

b)- Anticyclones à alimentation océanique, surmontés
d'air chaud et de hautes pressions.

La carte du 11 Décembre 1971 (R p. 260-261) n'est pas très différente de la carte au sol du 22 Février. L'anticyclone est moins étendu vers le Nord. Aussi l'air vient-

il davantage d'ouest.

La grande différence : l'anticyclone ne prolonge pas la traîne comme précédemment mais le secteur chaud de la perturbation. En altitude, les pressions sont plus élevées ; entre 572 et 580 décimètres se situe la surface de 500 mb. L'air est plus chaud : entre -20 et -15° .

La nébulosité est très forte : l'air arrive du Sud et se refroidit sur le continent. Comme il vient de la mer, il est humide et une certaine condensation peut se produire sous forme de bruine : on relève à Rouen-Boos des traces de pluie. Mais cette bruine a duré 4 h.20.

L'insolation a pratiquement été nulle dans toute la Normandie le 11 et le 12.

	<u>11 Décembre</u>	<u>12 Décembre</u>
Rouen	0 h	0 h
Evreux	0	0
La Hève	2,4	0
Alençon	0	0
Caen	1,6	0
Cherbourg	0	0

La forte nébulosité explique la faible amplitude des températures.

	<u>11 Décembre</u>			<u>12 Décembre</u>		
	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>	<u>Amplitude</u>	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>	<u>Amplitude</u>
Rouen	6°5	9°5	3°	4°8	6°9	2°1
Evreux	6°3	9°4	3°1	4°7	6°8	2°1
La Hève	8°2	10°4	2°2	5°2	8°2	3°
Alençon	6°8	9°6	2°8	4°8	6°2	1°4
Caen	7°	10°5	3°5	5°4	6°6	1°2
Cherbourg	8°3	9°8	1°5	7°	8°2	1°2

Les minima sont beaucoup plus élevés que dans le cas précédent (très faible rayonnement nocturne). Les maxima sont un peu plus bas (absence d'ensoleillement mais air plus chaud venant de l'Océan). Le 12 dans la journée, le

centre de l'anticyclone se décale vers l'Est (centre de la France). L'air, au lieu de venir de l'Océan, circule sur le continent, et de ce fait, se refroidit.

Les différences régionales restent faibles. Des températures minima sont légèrement plus élevées sur la côte qu'à l'intérieur.

Les maxima, surtout le deuxième jour, sont aussi légèrement plus élevés sur la côte qu'à l'intérieur. Ce jour là, la température de la mer est proche de 10°. Dans l'exemple précédent, au contraire, les stations intérieures étaient plus chaudes. En Février, la température de la mer est plus basse qu'en Décembre et elle est inférieure aux maxima de température quand ceux-ci s'élèvent un peu.

Ce type d'anticyclone nébuleux à alimentation océanique uniformise le temps sur toute la Normandie.

Le glissement des hautes pressions vers l'Est provoque une transformation du type de temps. Les minima baissent car l'air vient du Sud-Ouest, c'est-à-dire qu'il traverse une terre plus froide que la mer. Les maxima de température peuvent eux-mêmes être inférieurs pour la même raison. L'alimentation devient continentale. Le stade intermédiaire est représenté par la présence du centre de l'anticyclone sur la Normandie.

4)- Anticyclones tièdes ou chauds

La dernière décade de Février 1959 est très représentative de ce type.

Un puissant anticyclone d'air chaud, tant au sol qu'en altitude, existe pendant ce mois de Février 1959 sur le proche Océan. Le 21 Février 1959, une perturbation de Nord-Ouest accompagne l'arrivée sur le continent de masses d'air chaud, maritime, qui ont contourné par le Nord l'anticyclone centré au large de la Bretagne.

Le 22 (R p. 262-263), 23, 24 Février 1969, le temps est assez voisin de l'exemple des 11 et 12 Décembre 1971. L'air a la même origine. La nébulosité est forte. Pas de soleil pendant ces trois jours, sauf 2,4 h à Caen, le 24. Les minima de température sont semblables et proches les uns des autres.

	<u>In</u>			<u>Ix</u>		
	22	23	24	22	23	24
Rouen-Rouvray	6°1	6	6°6	10°1	11°	11°2
La Hève	6°	5°8	6°4	8°2	9°4	9°6
Caen	5°9	6°6	6°5	10°5	11°6	11°6
Alençon	5°2	6°9	6°	10°9	10°5	9°8
Cherbourg Ch.	8°4	5°2	7°8	10°3	10°	11°5

De temps à autre, de la bruine. Nous retrouvons bien là tous les caractères de l'exemple précédent : anticyclone doux à alimentation océanique. La seule différence : l'amplitude est légèrement plus forte.

Nous n'avons cité ces trois jours que pour mieux montrer l'évolution du temps et les différences avec les anticyclones chauds.

Le 25 Février (R p. 264-265), le temps est semblable à celui du 13 Décembre 1971. Les hautes pressions glissent vers l'Est. En altitude, le centre de hautes pressions n'est plus sur l'océan mais sur le continent, juste au Nord de la Normandie (la surface de 500 mb atteint 572 dam). La température oscille entre - 15 et + 20°. Au sol, le centre de hautes pressions recouvre toute l'Europe occidentale. La stagnation de l'air, liée au faible gradient barométrique (anticyclone sur la région), explique le fort rayonnement nocturne, la diminution des températures minima et une très légère augmentation des températures maxima (contrairement

au 13 Décembre, la masse d'air vient toujours de la mer).
D'autre part, l'insolation est plus importante.

25 Février 1959

	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>	<u>Insolation</u>
Rouen	- 1°4	12°4	5 h.1
La Hève	4°	10°8	X
Caen	- 0°9	12°6	7 h.9
Alençon	- 1°9	13°7	6 h.2
Cherbourg	7°8	13°9	X

La stagnation de l'air explique le gros écart des températures. L'influence de la mer joue un rôle prépondérant. Les écarts entre les stations atteignent presque 10°. Cet anticyclone centré sur la région ne dure qu'une journée, au maximum deux.

Les trois derniers jours de Février (R p. 266-267) représentent l'exemple typique de l'anticyclone chaud. Le centre au sol et en altitude est au-dessus de l'Europe centrale.

L'air vient de Sud-Sud-Ouest. Il arrive de régions très méridionales et sa trajectoire est en grande partie maritime. C'est donc un air chaud et de ce fait un peu plus sec. La nébulosité est moindre et l'insolation supérieure. Aussi, les maxima sont-ils beaucoup plus élevés dans la journée. Ils expliquent le réchauffement progressif des minima.

	<u>Tn</u>			<u>Tx</u>			<u>Insolation</u>		
	26	27	28	26	27	28	26	27	28
Rouen	-1°2	1°	2°4	19°5	19°1	19°1	6,5	8,3	9,6
La Hève	6°2	7°	9°2	14°8	17°2	17°4	X	X	X
Caen	-0	2°	3°3	16°1	18°5	18°4	7,8	10,2	10,4
Alençon	-1°8	-1°9	-1°9	16°8	18°3	16°7	6,3	7	7,3
Cherbourg	4°9	4°	8°5	12°3	17°6	17°9	X	X	X

Les différences entre les stations sont assez accusées pour les températures minima. Dans cet exemple, La Hève est exceptionnellement plus chaude que Cherbourg-Chantereyne.

Comment expliquer ce phénomène un peu exceptionnel, d'autant plus que les maxima ne sont pas plus élevés à La Hève qu'à Cherbourg, sauf le premier jour ? La turbulence de l'air est plus forte ces trois jours à La Hève qu'à Cherbourg. Aussi, pendant la nuit, l'air froid stagne-t-il davantage à Cherbourg au niveau de la mer, qu'à La Hève, située à plus de 100 mètres d'altitude.

Vitesse du vent à 6 heures -

	<u>Cherbourg-Chantereyne</u>			<u>La Hève</u>	
26 Février	Sud	1 m/s	Sud-Est	3 m/s	
27	Calme	0	Sud-Est	5 m/s	
28	SSW	3	Sud	7 m/s	

La direction du vent à Cherbourg, quand il existe, limite plutôt l'influence de la mer puisqu'il vient de la terre.

Les écarts sont très grands entre les minima des stations maritimes et des stations continentales.

Il y a peu de différences entre les maxima des diverses stations. D'une façon générale, la côte est légèrement plus fraîche. La mer est beaucoup plus froide que l'air dans cet exemple.

L'insolation est forte, bien supérieure à celle du type d'anticyclone doux. La nébulosité est du reste beaucoup plus faible, et les nuages sont différents. La comparaison de la nébulosité et de la visibilité, le 22 Février, le 25 et le 27, qui représentent trois types différents, est significative.

Situation à 6 heures T.U.

	<u>Visibilité en mètres</u>			<u>Nébulosité en octas</u>			<u>Type de nuages</u>			<u>Altitude des nuages</u>		
	22	23	27	22	25	27	22	25	27	22	25	27
Caen	6000	600	4500	8	2	3	St.	St.	Cir.	290	120	7000
Cherbourg	18000	2000	5000	8	8	2	Sc.	Sc.	Sc.	400	600	1200
La Hève	7000	2000	8000	8	1	1	St.	Ac.	Cl.	250	3000	6000
Rouen	3000	40	600	0	8	8	St.	Brouil-		240	0	-
								lard				

Situation à 12 heures T.U.

	<u>Visibilité</u> <u>en mètres</u>			<u>Nébulosité</u> <u>en octas</u>			<u>Types de</u> <u>nuages</u>			<u>Altitude</u> <u>des nuages</u>		
	22	23	27	22	25	27	22	25	27	22	25	27
Caen	6500	7000	10000	8	2	1	st.	du.	ci.	200	500	7000
Cherbourg	25000	7000	20000	8	4	2	sc.	sc.	ci.	450	600	7000
La Hève	5000	4000	8000	8	1	1	st.	cu.	ci.	200	900	6000
Rouen	6000	2000	6000	8	0	0	st.	-	-	240	-	-

Remarque : St : stratus ; sc : strato-cumulus
Ci : cirrus ; Cu : cumulus

Le 22 Février, la couverture nuageuse est continue, à faible altitude, et formée essentiellement de stratus ou de strato-cumulus ne provenant pas de l'étalement des cumulus. Le sondage de Trappes à 12 heures (R p. 268) montre la présence d'une couche basse très humide, saturée jusqu'à 850 mb, c'est-à-dire sur plus de 1500 mètres d'épaisseur. L'humidité diminue alors progressivement en altitude jusqu'à 600 millibars. Sauf au sol, la turbulence de l'air est nulle dans toute la couche d'air saturée. Le sondage du 25 (R p. 269) montre :

- un air calme aux mêmes altitudes,
- une humidité relative beaucoup plus faible.

Le 27 (R, p. 270), l'assèchement de l'air s'est encore légèrement renforcé ; la vitesse du vent s'est accentuée dans les basses couches.

Cette différence d'humidité entre le 22 et le 27 explique la forte nébulosité et l'importance des stratus le 22, et au contraire, le ciel clair du 27. Le 22, la masse d'air est plus humide, car elle a parcouru un plus long trajet sur l'Océan, et elle aborde plus directement la Normandie. D'autre part, les masses d'air sont plus froides.

Le 27, l'air plus chaud a un trajet plus continental. Il est moins humide : à 0°, l'air est saturé, le 22 à Trappes, l'humidité relative atteint seulement 32 % à 0° le 27. Le 25, on note la transition ; le matin les stations de l'Ouest

se rapprochent plus des conditions du 22, les stations de l'Est de celles du 27.

Le 27 Février, la visibilité augmente dans toutes les stations, à cause des températures élevées. Le 22, au contraire, l'air est très humide, la visibilité varie de la côte vers l'intérieur. A l'intérieur, elle est plus forte dans la journée (nuit froide) ; sur la côte, au contraire, elle diminue (la mer est plus froide).

Ce type d'anticyclone, où l'air vient du Sud, n'est pas toujours aussi chaud que dans notre exemple. Ici, l'on trouve les conditions les plus favorables : l'air arrive d'une latitude très méridionale : 35ème parallèle. Sa trajectoire longe les côtes océaniques : régions peu froides, moins humides.

Si la trajectoire est plus continentale, si les masses d'air viennent de latitudes plus élevées, les températures, surtout les maxima, sont plus basses (le plus souvent supérieures à 10°), mais l'amplitude reste forte dans les stations de l'intérieur de la Normandie, plus faible dans les stations côtières.

Ce type d'anticyclone peut durer longtemps. Les anticyclones centrés sur l'Europe centrale, à la rigueur sur la Russie, sont stables : sol froid à la base, chaud en altitude. Souvent, un temps perturbé de Sud-Ouest lui succède.

Les caractères relevés pour ces anticyclones, en hiver, changeront automatiquement en été. Le continent, pendant cette saison, est chaud, et les masses d'air qui stagnent, réchauffées à la base, sont instables. L'Océan, au contraire, est plus froid que l'air. En hiver, les anticyclones demeurent plus longtemps sur le continent, et la Normandie reçoit alors un air de Nord-Est à Sud ; en été, au contraire, les anticyclones sont surtout centrés sur l'Atlantique et les

masses d'air aborderont la Normandie avec une trajectoire bien différente.

*

* *

II- LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES EN ÉTÉ

Les anticyclones sont plus nombreux en été qu'en hiver. Pendant la période 1950-1970, les anticyclones représentent 24 % des types de temps d'hiver, c'est-à-dire un jour sur quatre, et 30 % des types de temps d'été, soit presque un jour sur trois. Nous traiterons rapidement des anticyclones en insistant là encore sur l'origine de la masse d'air.

A)- LES DIVERS ASPECTS DES ANTICYCLONES DE 1951 A 1961.

Pendant les onze étés 1951-1961, on compte 324 cas d'anticyclones. Les masses d'air correspondantes se répartissent ainsi :

Polaire maritime + Tropical maritime	2 %
Polaire maritime	65 %
Polaire maritime évolué	15 %
Polaire continental	14 %
Arctique maritime	0 % (exactement 0,3 %)
Tropical maritime	4 %
Méditerranéen	0 % (exactement 0,3 %)

Les masses d'air maritime sont beaucoup plus fréquentes en été qu'en hiver. Elles représentent 76 % des cas, soit trois sur quatre au lieu d'un sur deux en hiver.

Ceci s'explique aisément. En hiver, le continent très froid refroidit l'air à sa base. L'air devient de ce fait plus lourd et plus stable. En été, le même phénomène se passe sur l'Océan. Mais le continent plus chaud favorise, au contraire, les phénomènes d'instabilité. L'air continental ou en cours de continentalisation est, de ce fait, beaucoup plus rare : 29 % des cas contre 46 %.

En été, les masses d'air sont plus chaudes : l'air arctique est pratiquement inexistant. Il est remplacé par l'air tropical qui est, au contraire, très fréquent.

En été, l'anticyclone moyen est donc formé d'air maritime. Ceci s'explique essentiellement par la localisation du centre des anticyclones.

Localisation des centres des anticyclones en 1951-1952
en %

Atlantique	62 %
Irlande	11 %
Europe centrale	9 %
Mer du Nord	9 %
Golfe de Gascogne	4 %
Grande-Bretagne	3 %
Scandinavie	2 %
Russie	1 %

La différence avec l'hiver est considérable. Le centre des anticyclones est presque toujours sur une étendue marine : 3 cas sur 4. En hiver, les hautes pressions subsistent plus longtemps dans les régions continentales. Le plus souvent, l'anticyclone est mixte : thermique à la

basse (air refroidi par le sol), dynamique en altitude (dorsale d'air chaud à 500 millibars). Ceci explique pourquoi l'Europe centrale est un centre privilégié de hautes pressions en hiver.

En été, l'Océan se réchauffe plus lentement que le continent. Il refroidit l'air chaud à sa base. Sur le continent, au contraire, l'air chauffé à la base devient instable, la pression diminue, et une situation de marais barométrique, le plus souvent coiffé par une dorsale chaude, s'installe. La Mer du Nord, relativement froide par rapport à l'Europe centrale, freine la dégénérescence des anticyclones (le pourcentage est aussi élevé que celui de l'Europe centrale, à la différence de l'hiver).

Les anticyclones sont le plus souvent surmontés par une dorsale d'air chaud : 83 %

17 % sont purement thermiques.

Soulignons l'importance des hautes pressions en altitude. Un pour cent, tout au plus, des anticyclones sont surmontés par une aire de basses pressions. Dans la quasi-totalité des cas, la surface de 500 millibars est plus haut que 556 dam. Nous avons considéré qu'un anticyclone est thermique lorsqu'il est recouvert par une vallée ou que le courant rapide, signifiant dans la plupart des cas la limite entre masse d'air chaud et masse d'air froid, est très au Sud de la Normandie. L'air est relativement froid par rapport aux régions voisines.

Comment ces masses d'air anticycloniques arrivent-elles en Normandie ?

Répartition des masses d'air en fonction de leur origine

Direction des isobares en Normandie
dans les anticyclones d'été

Nord	10 %
Nord-Est	14 %
Est	20 %
Sud-Est	5 %
Sud	1 %
Sud-Ouest	4 %
Ouest	21 %
Nord-Ouest	23 %
Stagnation	1 %

Quatre directions apparaissent prépondérantes : Ouest, Nord-Ouest, Nord-Est et Est, lorsque la remontée des masses d'air chaud se fait sous forme d'une remontée massive sur tout l'Océan et l'Europe occidentale, associée le plus souvent à une circulation zonale très lente en cette saison.

Nord-Ouest, c'est la direction la plus fréquente en été. Elle correspond toujours à un anticyclone atlantique sur le proche Océan, lié à une dorsale chaude en altitude. La Normandie se place sur le flanc est de la dorsale et reçoit donc un air de Nord-Ouest.

Lorsque cette dorsale chaude se déplace vers le Nord, elle tend à s'infléchir vers l'Est. Au sol, le centre de hautes pressions se déplace de l'Atlantique vers la Grande-Bretagne ou la Mer du Nord, plus rarement vers la Scandinavie ou l'Europe centrale. L'air, à ce moment-là, vient essentiellement de Nord-Est ou d'Est.

Avril 1959 fournit un exemple de cette évolution :

Le 23 (R, p. 271 à 279), une coulée d'air chaud péné-

tre sur la Proche Océan ; elle correspond à la formation d'une dorsale de hautes pressions qui s'avance vers la Bretagne. Au sol (R, p. 275 à 278), à 6 heures, l'anticyclone A6 supérieur à 1025 millibars, s'est établi sur l'Océan, du 35ème au 50ème parallèle. La coulée comme la dorsale (surface de 500 mb) se développe vers le Nord et l'Est.

Le point extrême de l'isotherme -10° et de l'isohypse 592 se place :

le 23	51° N et 18° W	pour l'isotherme,	44° N et 7° W	pour l'isohypse
le 24	59° N et 2° W		52° N	2° E
le 25	61° N	30° E	55° N	10° E
le 26	57° N	plus de 30° E	53° N	14° E

Le 26, la remontée d'air chaud est terminée. Une régression vers le Sud s'amorce.

Au sol, l'évolution est semblable, le centre de l'anticyclone se déplace vers le Nord : au large de la Bretagne le 24, il atteint la Grande-Bretagne le 25. A partir du moment où le centre de l'anticyclone est largement au Nord de la Normandie, notre région reçoit un air de Nord-Est et d'Est.

Cette évolution explique la direction des masses d'air en fonction de la place du centre de hautes pressions.

Pourcentage des directions
en fonction de la place du centre des hautes pressions

<u>Localisation</u>	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	ST
Atlantique	15 %	19 %	7 %	-	-	1 %	18 %	38 %	1
Golfe de Gascogne	-	-	-	-	-	8 %	92 %		
Région	6 %	9 %	6 %	-	-	14 %	46 %		20
Grande-Bretagne	-	10 %	90 %	-	-	-	-	-	-
Scandinavie	-	25 %	75 %	-	-	-	-	-	-
Mer du Nord		7 %	83 %	11 %					
Europe centrale	-	-	26 %	35 %	6 %	16 %	16 %	-	-
Russie	-	-	75 %	25 %					

L'anticyclone atlantique d'air polaire maritime surmonté en altitude d'une dorsale d'air chaud et dirigeant sur la Normandie un air de Nord-Ouest représente le type de temps le plus typique et le plus fréquent.

Lorsque la montée de l'air chaud s'étend peu au Nord, très fréquemment l'air vient d'Ouest, et souvent le centre de l'anticyclone s'étend à des latitudes assez méridionales sur l'Océan, meurt parfois sur le Golfe de Gascogne, ou se déplace vers l'Est en s'établissant sur nos régions.

Les anticyclones, situés à l'Est de la Normandie, à l'exception de ceux d'Europe centrale, dirigent un flux d'Est sur la Normandie, à quelques exceptions près.

Les anticyclones d'Europe centrale envoient sur la région un air de Direction très variable, mais essentiellement de secteur sud à la bifurcation avec les autres anticyclones.

En été, il n'existe pratiquement pas d'anticyclones centrés à des latitudes méridionales. Aucun obstacle n'est senti par le l'air froid d'intérieur en provenance.

La répartition des masses d'air en fonction de la place de l'anticyclone est intéressante.

La répartition des masses d'air
en fonction de la place du centre de l'anticyclone

	Arctique océanique	Tr. arct. océan.	Tr. arct. polaire	Polaire arctique	Polaire équatorial	Polaire continental
Normandie	-	1 %	4 %	-	76	17
Golfe de G.	-	-	8 %	17 %	75 %	
Région			9 %	9 %	65 %	9 %
Europe cent.	3 %	-	3 %	10 %	52 %	16 %
Inde-Bret.					60 %	40 %
Europe Nord					32 %	11 %
Scandinavie					25 %	75 %

La lecture de ce tableau donne les indications suivantes :

1°- Le pourcentage d'air maritime diminue lorsque le centre de l'anticyclone est de plus en plus vers l'Est. Cette évolution est évidente : plus on s'éloigne de l'Océan, plus la masse d'air perd de l'humidité et se réchauffe.

2°- L'air polaire continental devient de plus en plus fréquent lorsque l'anticyclone se situe de plus en plus vers l'Est et surtout vers le Nord. Les anticyclones centrés sur la Mer du Nord, sur la Scandinavie et sur la Russie sont les seuls à envoyer davantage d'air continental que d'air maritime. Le trajet effectué sur le continent est plus long : trajectoire Ouest-Est sur les pays septentrionaux, suivie d'une trajectoire Nord-Est ou Est sur l'Europe centrale.

3°- L'air tropical se fait surtout sentir lorsque le centre de l'anticyclone est relativement au Sud.

Les anticyclones purement thermiques, recouverts en altitude d'un air relativement froid, existent lorsque les centres des anticyclones sont sur l'Océan ou dans le Nord de l'Europe. Il y a peu de différences avec l'été.

Pourcentage des anticyclones dynamiques et thermiques en fonction de la place du centre des hautes pressions

<u>Lieu</u>	<u>Pourcentage</u>	
	<u>d'A. dynamiques</u>	<u>d'A. thermiques</u>
Scandinavie	75 %	25 %
Atlantique	70 %	30 %
Golfe de Gascogne	84 %	16 %
Région	87 %	13 %
Grande-Bretagne	90 %	10 %
Europe centrale	93 %	7 %
Mer du Nord	96 %	4 %
Russie	100 %	0 %

La grosse différence avec l'hiver est due à la faiblesse des pourcentages des anticyclones thermiques : 25 % en été au lieu de 75 % en hiver en Scandinavie. Les anticyclones thermiques représentent une exception en été, sauf lorsque les masses d'air viennent du Nord : 49 % des cas.

Si l'on met à part les masses d'air qui viennent du Nord, le pourcentage des anticyclones thermiques ne représente que 7 % de la totalité des anticyclones pendant ces 11 étés.

Il serait intéressant de voir si ce sont les masses d'air ou la température de l'air en altitude qui jouent le rôle le plus important.

Nous allons faire cette étude pour Cherbourg, la station la plus maritime, et Rouen, une des stations les plus continentales, par temps anticyclonique, lorsque le centre de hautes pressions est situé sur l'Atlantique et envoie un air de Nord-Ouest sur la Normandie (rubrique où les cas sont les plus nombreux).

Pour un même type de temps, on va étudier la variation de la température selon la masse d'air et selon la situation en altitude (l'anticyclone est surmonté par de hautes pressions chaudes ou de basses pressions froides).

Variation de la température
selon les masses d'air et la situation en altitude par anti-
cyclone atlantique dirigeant un flux de Nord-Ouest pendant
les onze étés 1951 - 1961

	<u>Cherbourg</u>		<u>Rouen</u>	
	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>
Tropical maritime	13°3	19°	10°3	21°
Polaire maritime	12°5	18°	10°4	20°6
Polaire maritime évolué	12°	18°2	8°5	21°9
Air chaud en altitude	12°6	18°5	10°2	21°3
Air froid	12°4	17°8	9°8	19°8

Ces moyennes portent sur 78 cas. Les différences sont plus faibles à Cherbourg qu'à Rouen. Pour les minima, des écarts plus importants sont engendrés par des masses d'air différentes.

Pour les maxima, les écarts sont du même ordre de grandeur. De toute façon, un air chaud en altitude entraîne des maxima de température plus élevés.

Nous allons choisir un autre exemple où les cas sont moins nombreux mais où la répartition des masses d'air est mieux équilibrée : un anticyclone centré sur l'Atlantique, mais continué par une dorsale sur l'Europe occidentale. Il dirige sur la Normandie un flux de Nord-Est.

Variation de la température
selon les masses d'air et la situation en altitude lorsqu'un
anticyclone atlantique dirige un flux de Nord-Est sur la
Normandie (étés de 1951 à 1961)

	<u>Cherbourg</u>		<u>Rouen</u>	
	<u>In</u>	<u>Ix</u>	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Polaire maritime	12°4	18°3	10°2	24°7
Polaire maritime évolué	13°	17°7	11°4	23°
Polaire continental	13°8	18°	12°	22°8
Tropical maritime	14°3	23°5	13°3	27°8
Air froid en altitude	11°	17°3	5°8	19°8
Air chaud	13°	18°5	12°2	23°7

Mêmes remarques que précédemment :

1°- Les différences sont toujours plus accusées à Rouen qu'à Cherbourg.

2°- A Cherbourg, les variations des températures en fonction des diverses masses d'air sont à peu près semblables. Seul, l'air tropical est plus chaud.

Des différences apparaissent :

L'influence de la situation en altitude se fait davantage sentir et elle est à peu près équivalente pour les minima et maxima de température. Cette action est particulièrement importante à Rouen et paraît nettement surpasser les différences dues aux masses d'air.

L'influence du rayonnement solaire est supérieure dans les régions de l'intérieur, surtout si l'air vient du continent. C'est ce qui expliquerait les différences notées ici.

En dehors de l'air tropical maritime nettement plus chaud, les différences entre les masses d'air sont moins importantes en été qu'en hiver. La direction de la masse d'air compte plus que sa composition, comme nous allons le voir dans la section qui suit.

B)- LES ANTICYCLONES ET L'ORIGINE DES MASSES D'AIR,
DE 1951-1965.

En raison du changement des stations, cette étude ne couvre que 15 ans (remplacement de Cherbourg-Chantereyne par Maupertus).

Comme pour l'hiver, nous allons considérer la moyenne des précipitations selon l'emplacement du centre de l'anticyclone et la direction de l'air qu'il dirige. Tous les exemples qui se répètent moins de 4 fois ne seront pas relevés : R p. 279-282.

Dans ce tableau, nous n'avons pas mentionné les pluies car dans aucun cas il n'a plu, dans la totalité des stations. Il est très rare qu'une journée anticyclonique engendre de la pluie. La moyenne des précipitations en Normandie tend vers 0 dans tous les cas. Seules les stations de Brest, ou de Paris-Le Bourget présentent des exceptions plus importantes car le type de temps n'est pas obligatoirement le même dans ces stations. Par exemple, dans les trois cas où l'anticyclone centré sur le Golfe de Gascogne dirige un flux de Sud-Ouest sur la Normandie, cette dernière ne reçoit aucune pluie, mais à Brest les précipitations ont atteint

18 millimètres.

Si la visibilité est souvent médiocre dans les anticyclones d'été, l'insolation est bonne. Ce n'est pas un facteur qui différencie les types de temps en cette saison, De ce fait, elle n'a pas été relevée.

Selon les types d'anticyclones, le minimum de température varie moins que le maximum : au plus, cette variation atteint 7° à Alençon pour les minima et 10°8 à Caen pour les températures maxima.

Pour un même type, l'écart entre deux stations atteint 7° pour les minima (Europe centrale) et 7°8 pour les maxima (Scandinavie).

L'étude approfondie des tableaux montre un certain nombre d'éléments qui permettent le regroupement des divers types d'anticyclones :

1°- Les anticyclones les plus chauds sont liés aux masses d'air qui viennent d'Est à Sud.

2°- Les amplitudes les plus fortes existent dans les masses d'air venant du secteur Sud.

3°- Les écarts les plus faibles entre les maxima des stations correspondent à des masses d'air venant du secteur Nord et les plus importants à celles venant d'anticyclones lointains dirigeant un flux d'air d'Est sur la Normandie.

4°- Les écarts les plus forts apparaissent lorsque les masses d'air viennent du Sud.

5°- Les anticyclones continentaux sont beaucoup plus chauds et ont de plus fortes amplitudes que les anticyclones

océaniques.

Aussi allons-nous pouvoir distinguer cinq grands types :

1°- Les anticyclones centrés sur l'Est du continent et dirigeant sur la Normandie un flux d'Est à Sud.

Ils sont très chauds. Les maxima dans les stations intérieures de la Normandie dépassent 25°. Mais il faut distinguer deux types :

A- Anticyclones d'Europe centrale à alimentation de secteur sud (directions Sud-Est, Sud, Sud-Ouest) :

Ce sont les plus chauds dans toute la Normandie : plus de 27° dans toute la Normandie, sauf sur la côte. Même à Cherbourg, la température est élevée, de 23°8 à 25°2 en moyenne. Sur le Cotentin, l'air vient du secteur Sud, c'est-à-dire qu'il a traversé le plus de terres possibles. Il est donc le plus chaud pour cette région, et l'écart entre Cherbourg et Alençon ne dépasse pas 6°. L'écart est plus important pour les minima : 7°. L'amplitude est forte, elle varie de 9°8 à Cherbourg à 22° à Alençon. Les températures du Bourget sont analogues à celles des stations normandes intérieures. Sauf lorsque l'air vient du Sud-Est, la température de Cherbourg surpasse beaucoup celle de Brest : l'air marin venant de Sud ou de Sud-Ouest a traversé en effet une masse de terres importante et s'est donc réchauffé avant d'atteindre le Nord du Cotentin.

B- Anticyclones centrés sur l'Europe centrale, la Russie ou la Scandinavie, à alimentation d'Est.

Ils sont à peine moins chauds, sauf à Cherbourg, car

dans ce cas l'air vient de la Manche et s'est donc refroidi. L'écart entre Cherbourg et Rouen peut atteindre 7°8 pour les maxima. L'amplitude est plus faible et inférieure à 16°. La station la plus chaude est plus souvent Rouen qu'Alençon. Comment expliquer ces différences ? On peut admettre une hypothèse : dans le second cas, la part liée à l'accumulation de chaleur emmagasinée par le continent est plus importante et la déperdition de chaleur qui se produit pendant la nuit est plus faible : les minima sont donc plus élevés et la masse continentale joue également à Rouen ou à Alençon. Dans le premier cas, les minima de Rouen ne sont jamais supérieurs à ceux de Cherbourg ; dans le second cas, cela survient dans 15 % des cas. Lorsque l'air vient du secteur Sud, il va de régions chaudes vers des régions plus froides et se refroidit progressivement du Sud vers le Nord ; ce qui explique qu'Alençon soit dans l'ensemble plus chaud que Rouen.

2°- Anticyclones centrés au Nord de la Normandie, à alimentation continentale.

Ce sont essentiellement les anticyclones centrés sur l'Atlantique ou la Grande-Bretagne, à flux de Nord-Est ou Est, et ceux centrés sur la mer du Nord à flux d'Est. Les températures ne dépassent pas 24°. L'amplitude ne dépasse pas en moyenne 15°, mais elle est le plus souvent moindre. Alençon est toujours la station la plus chaude. Comme elle est la plus éloignée du centre de ces anticyclones, l'air accomplit un trajet sur le continent plus chaud. Les températures à Cherbourg sont assez basses et en moyenne

inférieures à 20°. L'écart avec les autres stations est relativement élevé car le Cotentin, au lieu de recevoir un flux d'air relativement continental comme les autres stations, est traversé par des masses d'air venant de la Manche.

3°- Anticyclones centrés au Nord de la Normandie, à alimentation maritime.

Ces anticyclones sont centrés sur l'Atlantique et dirigent un flux de Nord-Ouest ou de Nord et sur la Mer du Nord (flux de Nord-Est). Ils sont plus frais que les précédents dans les stations non côtières. Les maxima sont en moyenne inférieurs à 22°. Les écarts entre les stations sont plus faibles : Cherbourg est plus chaude que La Hève, contrairement aux cas précédents (sauf lorsque l'anticyclone est centré sur la Mer du Nord). Alençon est plus chaud que Rouen : plus proche de la mer et plus au Nord. Les autres stations de Normandie reçoivent un air qui vient plus directement de la mer du fait de l'orientation de la côte normande.

4°- Anticyclones dirigeant sur la Normandie un air d'Ouest.

Ils sont plus chauds que les précédents car, à l'exception de la Manche occidentale et de la côte de la Seine-Maritime, la Normandie reçoit un air déjà suffisamment réchauffé par sa trajectoire sur le continent. Cette raison explique les écarts plus importants entre Cherbourg et les autres stations : 4°3 lorsque l'anticyclone est centré sur l'Atlantique, 5° lorsqu'il est sur l'Europe centrale. L'amplitude est de nouveau plus élevée dans les stations de

l'intérieur : 16°8 à Alençon. La masse continentale ne joue qu'un rôle limité pour freiner le rayonnement nocturne, puisque l'air vient d'Ouest.

5°- Anticyclones centrés sur la Normandie ou à proximité immédiate.

Ils sont le plus souvent une étape vers la continentalisation de masses d'air atlantiques. Plus cette étape est avancée, plus ils sont chauds dans l'ensemble. Malgré tout, la moyenne des maxima ne dépasse pas 24°. Les différences entre les stations sont le plus souvent médiocres. Selon la direction de la masse d'air, leurs caractères changent. On retrouve, encaénaris, les phénomènes précédemment étudiés :

- écart plus grand entre les maxima lorsque l'air vient d'Est,

- maxima les plus faibles lorsque l'air vient de Nord-Est, les plus chauds ou no il vi rt d'Est ...

Nous allons choisir cinq exemples pour illustrer ces remarques.

C)- QUELQUES EXEMPLES D'ANTICYCLONES D'ÉTÉ

1- Anticyclones chauds de secteur sud

Il y a eu les 28 et 29 Juin 1961 et du 1er Juillet 1961. Le 28, un anticyclone centré sur le Proche Océan et la Manche se déplace progressivement vers l'Est, en liaison avec une coulée chaude associée à une dorsale chaude. Le 29 (R, p. 265-267), cet anticyclone dynamique est centré sur l'Europe centrale et un flux de secteur Sud-Est souffle sur la Normandie. Le ciel est clair ; les seuls nuages qui

survolent parfois la Normandie sont essentiellement des cirrus. L'insolation est forte : plus de 13 heures. La forte insolation, l'air venant de latitude méridionale, la continentalisation de la masse d'air, l'anticyclone très chaud en altitude favorisent l'élévation très importante des températures.

Maxima de température

	<u>28 Juin</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>1er Juillet</u>
Rouen	23°9	27°1	32°1	34°1
La Hève	19°2	25°6	29°8	31°
Caen	21°8	25°5	30°	33°9
Alençon	23°	27°9	31°8	34°1
Cherbourg	17°8	24°2	23°7	24°8
Le Bourget	23°	26°7	32°	32°6

Minima

Rouen	6°3	9°9	13°2	16°1
La Hève	11°2	13°3	16°6	20°6
Caen	6°7	7°9	9°9	14°6
Alençon	4°7	9°7	10°8	11°1
Cherbourg	11°4	10°7	12°9	19°5
Le Bourget	8°6	10°6	12°3	15°9

Les températures des stations les plus continentales de Normandie sont donc très élevées, supérieures même à celles du Bourget. Si les maxima à Rouen sont équivalents à ceux d'Alençon, cela tient en partie aux minima de température beaucoup plus bas dans cette dernière station.

Les vents sont faibles ou inexistants, le gradient barométrique est peu accusé.

Le type de temps se transforme le 2 : le passage d'un front froid permet la pénétration de masses d'air maritimes. Une situation de marais barométrique s'installe sur l'Europe occidentale. Les températures diminuent progressivement

d'Ouest en Est. En altitude, la dorsale s'est déplacée vers l'Est, remplacée sur nos régions par une vallée peu profonde.

2- Anticyclones centrés au Nord de la Normandie à alimentation continentale.

L'exemple du 25, 26, 27 Août 1970 (R p. 288-293) montre bien l'évolution d'un cas de ce type. En altitude, une grande coulée chaude associée à une dorsale s'est développée jusqu'au-delà du 70ème parallèle. Le centre de l'anticyclone, dès le 24, est au Nord de l'Ecosse. La régression de la coulée chaude vers le Sud, et son déplacement vers l'Est, expliquent le déplacement du centre de l'anticyclone vers le Sud-Est : A5 recouvre le Royaume-Uni, la mer du Nord et le Sud de la Baltique le 26 et le 27 Août. La Normandie se tient donc à la limite Sud de cet anticyclone et reçoit un flux d'Est.

Le 25 Août 1970 est le jour type : l'air qui arrive sur la Normandie a voyagé essentiellement sur la mer du Nord et sur le Nord de l'Allemagne et du Bénélux. La masse d'air est humide : l'humidité moyenne atteint 91 % à Rouen, 87 % à Evreux. Ceci explique la visibilité médiocre (brumes et brouillères fréquentes) et la nébulosité plus importante le matin que le soir. L'insolation n'est que de :

5,2 heures à Rouen	
3,3	La Hève
3,5	Caen
2,5	Alençon
2,9	Cherbourg

La trajectoire en partie maritime et assez septentrionale des masses d'air, l'insolation moyenne, expliquent les températures modérées et l'amplitude moyenne (10°).

	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>
Rouen	11°3	21°1
La Hève	12°2	20°
Caen	9°6	19°2
Alençon	9°5	19°8
Cherbourg	11°2	17°7
Evreux	10°5	22°2
Le Bourget	14°2	23°9

Les températures les plus élevées se notent dans la partie Est de la Normandie. Rouen ou Evreux sont plus chauds qu'Alençon.

Les 26 et 27 Août 1970, on glisse progressivement vers le type d'anticyclone centré sur l'Europe centrale à alimentation d'Est. La trajectoire devient plus continentale.

- L'air est plus sec. L'humidité relative diminue :

	<u>Rouen</u>	<u>Evreux</u>
le 26	87 %	78 %
le 27	77 %	72 %

- L'insolation augmente :

	<u>le 26</u>	<u>le 27</u>
Rouen	8,6 h	12,5 h
La Hève	11,2	11
Caen	8,5	9,7
Maupertus	7,1	9,6

- Les températures s'élèvent :

	<u>le 26</u>		<u>le 27</u>	
	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>
Rouen	12°8	23°6	13°6	24°7
La Hève	13°6	24°8	15°4	25°2
Caen	9°9	23°4	9°5	24°7
Alençon	12°1	25°7	13°	26°7
Maupertus	14°	19°8	14°	21°7

La Hève, plus ensoleillée, reçoit un air continental beaucoup plus chaud qu'à Cherbourg.

Le 28, une perturbation de Sud-Ouest progresse facilement en raison de l'affaiblissement du champ de pression. La Normandie est atteinte par les basses pressions.

3- Anticyclone maritime de Nord-Ouest

C'est le cas le plus fréquent. Il correspond en altitude à une dorsale chaude sur le Proche Océan et nous savons qu'en été, sur le Proche Océan, la dorsale chaude reste plus longtemps.

Le 4 Août 1959 (R p. 295-296), une coulée d'air chaud remonte jusqu'en Islande (isotherme - 15°) ; elle s'accompagne d'une dorsale chaude qui s'étend plus en altitude qu'au sol. L'isotherme - 16° ne se voit pas en Islande, l'isotherme - 15° n'arrive qu'en Ecosse. Cette dorsale dirige sur la Normandie un flux de Nord, plus fréquemment de Nord-Ouest. Souvent, la dorsale s'étend davantage sur la Normandie au sol qu'en altitude. Au sol, elle est favorisée par l'expulsion d'air froid qui se produit dans la traîne d'une perturbation. L'air froid étant lourd, les pressions augmentent. En altitude, la région peut être encore surmontée par l'arrière de la vallée comme le 25 Août 1953 (R, p. 297-299). Le 4 Août 1959, le courant principal d'altitude se scinde en deux ; une partie continue au Nord de l'Ecosse vers la Scandinavie ; l'autre, moins importante, se dirige vers l'Espagne. La Normandie se place entre ces deux branches, mais surmontée d'un air relativement chaud. Au sol, le matin, le courant est de Nord-Nord-Ouest à 6 heures. Le gradient barométrique est très faible. Ceci explique le vent presque nul :

à 6 heures à Caen	1 nœud
Cherbourg	0
La Hève	0
Rouen	0

Le 25 Août 1953, les températures ne dépassent guère 20° (air froid en altitude, gradient barométrique plus élevé). Le vent est plus fort, l'air stagne moins sur le sol et se réchauffe moins au cours de la journée. L'humidité relative est forte le matin. Le 4, à 6 heures, elle atteint 96 % à Caen, 100 % à Rouen. La visibilité dans cette dernière station n'est que de 500 mètres. Dans la journée, l'humidité diminue et la visibilité augmente.

Le 5 Août 1959 (R p. 400-401), la coulée chaude est désormais au-dessus de la Normandie : elle s'est déplacée vers l'Est et a changé de direction (phénomène habituel) : de Nord-Sud, elle devient Sud-Ouest - Nord-Est. Une dorsale se développe au sol selon une direction semblable. Dès 6 heures, on voit s'amorcer le changement de direction du courant dans le Sud de la Normandie. Le lendemain, la masse d'air viendra d'Est partout. Le remplacement d'une masse d'air maritime par une masse d'air en cours de continentalisation est une évolution assez fréquente : la dorsale s'étend sur le continent, parfois même le centre de l'anticyclone se déplace vers l'Est, soit au niveau de la Normandie, soit au niveau de la Grande-Bretagne si la masse d'air chaude initiale s'est étendue vers le Nord le premier jour. Dans ce cas, le réchauffement se fait progressivement, commençant par le Sud (flux d'Est) :

La Hève	19°8
Cherbourg	20°3
Caen	24°
Rouen	25°

Au Mans, le maximum s'est élevé à 27°3.

Un autre type d'évolution est celui du 27 Août 1953.

Le flux d'altitude prend une direction presque Ouest-Est, un courant zonal s'établit, et l'anticyclone à flux de Nord-Ouest est remplacé par un anticyclone à flux d'Ouest.

Comme nous l'avons déjà souligné, la situation en altitude explique souvent l'évolution du temps au sol.

4- Anticyclone atlantique à flux d'Ouest.

Contrairement au type précédent, celui-ci ne dure guère plus de deux jours.

Le 20 Juillet 1969 (R p. 303-304), une remontée chaude de Sud-Sud-Est s'établit en altitude, mais elle s'étend moins au Nord que les précédentes. De hautes pressions recouvrent la moitié Sud de la carte ; elles dirigent sur la Normandie un flux de Sud-Ouest en altitude.

Au sol, l'anticyclone A9 dirige un flux de Sud-Ouest sur le Proche Océan, flux qui devient Ouest sur la Normandie. Cet air venant de latitudes assez méridionales se refroidit à la base et son humidité relative est élevée. La nébulosité est assez forte (stratus) et parfois un peu de bruine se précipite. L'amplitude est donc modérée.

Températures minima et maxima le 20 Juillet 1969

Rouen-Boos	15°2	19°5
La Hève	15°4	18°6
Caen	14°4	20°7
Alençon	15°4	22°1
Maupertus	12°8	18°
Evreux	13°	26°

Les stations les plus méridionales sont les plus chaudes :

a)- L'air traverse d'avantage de terres avant d'atteindre ces stations, puisqu'il vient d'Ouest.

b)- Elles sont plus proches du centre de l'anticyclone,

là où le gradient barométrique est le plus faible.

c)- Elles se trouvent à des latitudes plus méridionales.

L'humidité relative moyenne de la journée atteint 81 % à Evreux, station la plus continentale et la plus chaude.

La situation est analogue le 21 Juillet (R p. 305-306). Le 22, le centre de l'anticyclone se déplace vers l'Est en relation avec la coulée chaude (Voir la carte en altitude, R p. 307-308). On passe progressivement à un anticyclone centré sur le continent mais dont l'alimentation reste maritime.

5- Les anticyclones centrés sur la Normandie.

A deux ou trois exceptions près, ils durent peu. Ils représentent un stade du glissement de la dorsale d'altitude vers l'Est, avec déplacement des hautes pressions, au sol, de l'Atlantique vers l'Europe centrale.

Du 13 au 15 Juillet 1969, la dorsale d'air chaud en altitude glisse du Proche Océan vers l'Europe centrale (cartes R p. 309-314). Au sol, l'anticyclone A7 se déplace de l'Atlantique vers l'Europe centrale, dirige d'abord un flux d'Est sur la Normandie, puis de Sud-Est lorsque le centre de la Dorsale d'altitude est passé à l'Est de la Normandie.

Du fait de la continentalisation progressive des masses d'air, la température augmente.

	<u>minima et maxima de température</u>					
	13	14	15	13	14	15
Rouen-Boos	13°	13°5	15°6	25°9	25°4	27°1
La Hève	15°8	16°4	18°	21°6	26°8	26°2
Caen	13°6	12°4	13°2	25°2	25°5	29°8
Alençon	12°	15°6	15°2	26°9	26°9	31°
Granville	15°	13°6	16°4	23°3	23°4	24°

L'humidité relative baisse. A Rouen, par exemple, elle atteint :

82 % le 13 Juillet

77 % le 14 Juillet

76 % le 15

L'insolation est faible : 13 3 4 heures.

Le vent nul ou très faible favorise les températures élevées.

La température est plus basse lorsque l'anticyclone se centre plus au Sud car l'air vient alors de l'Océan.

Conclusion

L'influence de la situation en altitude paraît plus importante encore en été qu'en hiver. L'action de l'Océan remplace en effet celle du continent. Or, les températures de l'Océan ne sont pas suffisamment basses, en été, pour jouer un rôle aussi déterminant que les températures du continent. L'air chaud en altitude fait suite à la traîne de certaines perturbations mais ne naissent pas sur l'Océan.

Si l'on fait la comparaison des climats, on retrouve bien entendu des proportions à peu près identiques à celles

étudiées pendant des périodes plus courtes.

Pourcentage des divers types d'anticyclone
pendant la période 1951-1970

Localisation du centre des anticyclones

Atlantique	54 %
Normandie	12 %
Mer du Nord	10 %
Grande-Bretagne	7 %
Europe centrale	6 %
Scandinavie	4 %
Golfe de Gascogne	4 %
Russie	3 %

Répartition des anticyclones
en fonction de leur direction

Nord	9 %
Nord-Est	14 %
Est	24 %
Sud-Est	3 %
Sud	2 %
Sud-Ouest	5 %
Ouest	19 %
Nord-Ouest	20 %
Stagnation	5 %

Pourcentage d'anticyclones surmontés par
des hautes pressions chaudes : 83 %.

Il n'y a aucune différence, dans le pourcentage des anticyclones surmontés d'air chaud, entre la période 1951-1961 et la période 1951-1970.

La localisation du centre des anticyclones est, par contre, légèrement différente. Moins d'anticyclones ont leur centre sur l'Atlantique. Davantage sont localisés

sur l'Europe du Nord : Mer du Nord, Grande-Bretagne, Scandinavie (21 % au lieu de 15 %). Les études précédentes permettent de supposer que pendant la période 1962-1970, les coulés chaudes d'altitude se sont étendues vers des latitudes plus septentrionales. Les directions des masses d'air restent malgré tout assez stables : un changement supérieur à 2 % n'existe que pour l'air venant du Nord-Ouest (moins d'anticyclones centrés sur l'Atlantique), d'Est (davantage d'anticyclones centrés sur le Nord de l'Europe) : l'air, après avoir eu une direction Nord-Est, arrive sur nos régions d'Est, ou pour l'air stagnant (passage de la dorsale d'altitude sur nos régions).

Quelles sont les principales différences entre les anticyclones d'hiver et les anticyclones d'été ?

1°- La température moyenne : les anticyclones d'hiver ont, en très grande majorité, des températures inférieures aux moyennes mensuelles, et les anticyclones d'été ont des températures moyennes supérieures.

2°- En hiver, la différence entre les stations s'explique par les différences entre les minima de température : Cherbourg a les minima les plus élevés, puis La Hève, puis Caen, et à peu près à égalité Rouen et Alençon.

En été, les différences sont dues aux maxima de température qui varient en sens inverse de l'hiver.

3°- La proportion des anticyclones centrés sur l'Atlantique ou le continent s'inverse.

La mer exerce donc une influence remarquable sur les anticyclones.

*

* *

III- LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUE AU PRINTEMPS

L'établissement d'une moyenne serait un non-sens ; elle ne correspondrait à aucune réalité. Il y a en effet beaucoup trop d'écarts entre les températures de Mars et celles de Mai. Il est au contraire intéressant d'étudier le passage d'un type d'anticyclone d'hiver à un type d'été. Aussi allons-nous choisir deux exemples. L'un montre le réchauffement commun à toute la Normandie, l'autre souligne l'importance des différences régionales.

A)- PASSAGE D'UN ANTICYCLONE DE TYPE HIVERNAL A UN ANTICYCLONE ESTIVAL.

On observe souvent ce phénomène aux vacances de Pâques, par exemple en Avril 1969.

Le 2 Avril 1969 (R p. 315-319), la Normandie appartient à la zone d'influence d'un anticyclone centré sur l'Atlantique, dirigeant un flux de Nord sur la région. Les températures ne sont guère différentes de celles relevées en hiver, pour les minima ; un peu supérieures, pour les maxima.

Minimum et maximum le 2 Avril 1969

Rouen-Boos	- 1°7	7°9
La Hève	3°	7°
Caen	0°4	7°6
Alençon	- 0°3	8°5
Cherbourg	3°3	7°4

Constatons qu'Alençon a le maximum le plus élevé. Bien entendu, la température moyenne reste inférieure à celles des stations côtières, Cherbourg ou La Hève, mais c'est déjà un léger indice de changement de temps. En dehors de ce cas exceptionnel, les caractères du temps sont semblables à ceux d'hiver. L'insolation est assez médiocre à Rouen-Boos et à Evreux : 4,5 heures et 4,1 h. Elle est supérieure à 6 heures dans les autres stations.

En altitude, le ~~tholweg~~ d'air froid, qui recouvrait la Normandie le 2, est remplacé progressivement par la partie avant de la ~~ceête~~, puis le 7 par la partie arrière.

Le 7 Avril 1969 (R p. 319-320), la situation est toute différente. Sur les plages normandes, les maillots de bain ont remplacé les pull-over. Si les minima de température restent encore très bas, les maxima peuvent être comparés à ceux de l'été.

Minimum et maximum le 7 Avril 1969.

Rouen-Boos	7°	19°4
La Hève	9°6	20°
Caen	2°3	19°6
Alençon	3°1	19°1
Cherbourg, - Albertus	3°8	17°3
Evreux	2°9	20°2

L'évolution entre ces deux jours s'est effectuée assez brutalement.

Evolution du 2 au 7 Avril 1959
à Rouen-Boos et à Cherbourg

<u>Rouen-Boos</u>				<u>Cherbourg-Maupertus</u>			
<u>Humidité</u>	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>	<u>Insolation</u>	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>	<u>Insolation</u>	
2 78,9	- 0°7	7°9	4,5 h	3°3	6°3	7,4	
3 69,6	- 1°2	6°8	7,6 h	3°2	6°2	3,5	
4 58,8	0°4	10°6	11	3°3	8°2	9,6	
5 55,3	1°3	13°7	10,4	5°1	10°	8,3	
6 63,6	5°3	16°5	10,5	6°	10°2	4,8	
7 56,3	7°	19°4	11,3	5°8	17°3	9,8	

Le réchauffement est devenu sensible le 4, s'est accéléré le 6 à Rouen et seulement le 7 à Cherbourg en raison de la médiocre insolation. Il a surtout affecté les maxima à Maupertus : + 11° (2°8 pour les minima). Le réchauffement se marque sur les minima à Rouen : 7°7, comme sur les maxima : 11°5. A partir du 6 Avril, la température moyenne de Rouen-Boos est supérieure à celle de Cherbourg-Maupertus.

La mer, en cette saison, est froide. La nébulosité a été plus forte, mais la principale raison est la direction des masses d'air : le réchauffement à Cherbourg devient important lorsque l'air, au lieu de venir d'Est (c'est-à-dire de la mer), vient du Sud-Est, et s'est alors en partie réchauffé sur le continent. Le 6, l'air vient encore de l'Est. Deux stations côtières reçoivent un air qui vient du continent :

La Hève 17°
La Pointe du Roc 17°

deux reçoivent un air marin :

Maupertus 10°
Digulleville (Beaumont-Hague) 10°

Le lendemain, l'air vient du Sud-Est, c'est-à-dire du

continent, pour toutes les stations ; les différences s'amenuisent :

La Hève	20°
Pointe du Roc	18°
Maupertus	17°
Digulleville	16°

Ce relèvement des températures s'est accompagné d'une baisse de vitesse des vents : moins de 10 mètres/seconde.

L'influence de la mer et du continent apparaît très nettement dans cet exemple. Peut-on émettre cette hypothèse : plus un air continental vient du Sud, plus le réchauffement est rapide : le réchauffement débute par le Sud, l'air se réchauffe plus facilement que l'océan.

B)- AVRIL 1971 : EXEMPLE D'UN AIR MER ET L'EFFET L'ÉCART DE LA TEMPÉRATURE.

Le 10 avril 1971 (R, n° 314-326), un cyclone centré sur l'Atlantique Nord se dirige vers l'Europe. Il dirige un flux d'Est - Nord-Est sur la Normandie. La Normandie se place à l'abri du vent et la mer de la Manche est calme. Le réchauffement est rapide et les températures s'élèvent.

Evolution des maxima de température du 10 au 15 Avril 1971

	<u>Goos</u>	<u>Hève</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Maupertus</u>	<u>Evreux</u>
10	13°7	10°	9°5	14°4	8°1	14°3
11	11°	9°8	10°	14°	8°	12°2
12	16°6	17°2	15°4	18°3	10°3	17°8
13	17°	17°	14°2	20°2	8°9	18°1
14	21°	19°6	14°3	23°	8°2	22°3
15	22°6	17°6	17°9	22°4	9°9	24°2

Le premier réchauffement est dû au remplacement d'un air venant essentiellement de l'Allemagne du Nord par un air venant de l'Allemagne du Sud. Le deuxième correspond à l'arrivée en altitude de la partie postérieure de la crête sur la Normandie.

Cherbourg ne s'est guère réchauffé : air marin, brume importante, nébulosité quasi totale à partir du 13. A Caen, l'insolation est moyenne, alors que sur les autres stations, l'insolation est continue. La nébulosité augmente du Sud-Est vers le Nord-Est, à mesure que l'air chaud se refroidit en arrivant vers des régions plus maritimes. Le brouillard, la brume, les stratus empêchent le réchauffement du sol.

Le lendemain, le phénomène tend à s'accroître : l'air qui vient de l'intérieur est de plus en plus chaud et pénètre dans une région qui reste froide. L'écart des températures augmente, la nébulosité aussi. A Cherbourg et à Caen, l'insolation diminue du 13 au 15 Avril. Le 15 Avril, à Cherbourg, le plan Polmar (destiné à lutter contre l'extension de nappes de pétrole en direction des parcs à huîtres de Saint-Vasst-La Hougue) a été difficilement appliqué. Des nappes de mazout s'étaient échappées des soutes du pétrolier Hallgate, à la suite d'une collision avec un méthanier. Un brouillard impénétrable recouvrait en effet la région du Nord Cotentin et paralysait les recherches en mer. "L'avion de Lann-Bihoué et l'hélicoptère de la Protection Civile de Granville ne purent décoller" (Ouest-France du 16 Avril 1971).

Ce phénomène peut se produire beaucoup plus sporadiquement. Le 23 Mars 1972, par un beau temps ensoleillé sur la Normandie, les températures maxima étaient :

18° à Rouen,

17° à La Hève,

à peine 7° à Dieppe.

Il faut souligner que cette température est celle de 18 heures. Toute la journée, Dieppe est restée dans le brouillard. A un kilomètre du rivage, on ne distinguait pas la côte. Nous avons constaté nous-même, ce jour-là, une variation de plus de 10° en quelques kilomètres, juste avant d'arriver à Dieppe.

C)- PRÉCOCITÉ OU RETARD DE CE RÉCHAUFFEMENT DES ANTICYCLONES EN FONCTION DE LEUR TYPE.

Nous allons étudier pour chaque station la précocité et la fréquence des anticyclones "chauds", c'est-à-dire ceux où la température maximum est supérieure ou égale à 15°.

En raison du transfert de la station de Cherbourg de Chentereyne à Laupertus, cette étude sera réalisée pendant 15 ans, de 1951 à 1965. Pour donner une signification plus grande à ces chiffres, nous regrouperons les anticyclones selon leur direction et non selon la localisation de l'anticyclone. Il suffit de comparer pour Cherbourg (ceci serait valable pour toutes les stations) les dates du premier anticyclone chaud lorsque l'anticyclone est centré sur l'Atlantique ou lors de le flux vient d'est.

Date du premier anticyclone chaud à Cherbourg

Centre de l'anticyclone sur l'Atlantique

Flux d'Est

Flux de N		Localisation du centre de l'anticyclone	
NE	3 Mai	Atlantique	22 Mai
E	22 Mai	Grande-Bretagne	23 Mai
SE	15 Mars	Mer du Nord	21 Mai
SW	jamais	Scandinavie	23 Avril
W	13 Mai	Russie	25 Avril
NW	15 Avril	Europe centrale	jamais
Stagnation	24 Mai	Norvandie	15 Mai

Lorsque le centre de l'anticyclone est sur l'Atlantique, un intervalle de deux mois et demi existe entre les temps chauds engendrés par des masses d'air venant de Sud-Est (16 Mars) et d'Est (le 22 Mai).

Quand le flux a une direction identique (flux d'Est), les différences sont plus faibles : la localisation du centre de l'anticyclone joue un rôle moins important : les anticyclones atlantiques restent frais plus longtemps.

Pourcentage des types de temps anticycloniques chauds en fonction de la direction des masses d'air au printemps

	<u>Cherbourg</u>	<u>Pointe du Roc</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
N	11 %	18 %	29 %	43 %	7 %	36 %
NE	14 %	37 %	21 %	46 %	18 %	41 %
E	14 %	52 %	43 %	66 %	40 %	61 %
SE	40 %	68 %	59 %	66 %	58 %	68 %
S	60 %	55 %	75 %	75 %	60 %	75 %
SW	45 %	45 %	80 %	80 %	40 %	80 %
W	20 %	23 %	46 %	57 %	20 %	54 %
NW	24 %	21 %	42 %	48 %	21 %	45 %
Stagnation	25 %	42 %	58 %	71 %	33 %	67 %

Ce tableau fait apparaître l'importance de l'exposition de la station par rapport à la direction de la masse d'air. L'influence de la mer est prépondérante : elle freine le réchauffement.

A Cherbourg, la proportion des types de temps anticycloniques chauds est importante uniquement pour les directions Sud-Ouest, Sud, Sud-Est ; ce sont les seules directions où la trajectoire de l'air est relativement continentale.

Les mêmes phénomènes se retrouvent à la Pointe du Roc, à La Hève et même à Caen, proche encore du littoral : les anticyclones chauds sont très rares lorsque la masse d'air vient de la mer.

Dans les stations de l'intérieur, au contraire, à Alençon ou Rouen, deux autres facteurs apparaissent très nettement :

- les masses d'air qui ont effectué un grand parcours sur le continent sont chaudes ;
- les masses d'air sont plus ou moins humides, elles viennent du Sud.

Les plus grandes différences entre les stations existent pour l'air venant d'Est : le plus grand écart est celui qui résulte d'un air relatif du Sud-Ouest. Au contraire, lorsque l'air vient du Sud, tous les écartes occupent une position "continentale" (sauf la Pointe du Roc à l'extrémité de sa presque-île). Les écarts sont faibles.

Insistons sur ce fait : Le vent marin arrivant sur une station joue un rôle beaucoup plus grand que la localisation de la station au bord de la mer.

Cette étude va être complétée par un tableau des dates les plus précoces de la transformation d'un anticyclone froid en anticyclone chaud.

Date la plus précoce de l'apparition d'un type de temps anticyclonique chaud selon l'origine de la masse d'air

	<u>Cherbourg</u>	<u>Pointe du Roc</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
N	19 Mai	23 Avril	23 Avril	22 Avril	19 Mai	22 Avril
NE	3 Mai	13 Avril	13 Avril	13 Avril	13 Avril	11 Avril
E	23 Avril	17 Mars	20 Mars	3 Mars	19 Mars	1er Mars
SE	16 Mars	5 Mars	5 Mars	5 Mars	5 Mars	5 Mars
S	2 Mars	2 Mars	3 Mars	2 Mars	3 Mars	3 Mars
SW	6 Mars	6 Mars	6 Mars	6 Mars	6 Mars	6 Mars
W	7 Mai	18 Avril	14 Mars	14 Mars	18 Avril	3 Avril
NW	15 Avril	11 Mai	24 Avril	14 Avril	29 Avril	14 Avril

Date médiane pour la période 1951-1965

N	Eté	21 Mai	19 Mai	13 Mai	Eté	13 Mai
NE	Eté	17 Mai	27 Mai	11 Mai	Eté	6 Mai
E	Eté	6 Mai	22 Mai	26 Avril	23 Mai	25 Avril
SE	25 Mai	25 Avril	10 Mai	27 Avril	10 Mai	27 Avril
S	10 Avril	23 Avril	9 Avril	10 Avril	11 Avril	9 Avril
SW	19 Mai	8 Mai	12 Avril	7 Avril	5 Mai	14 Avril
W	Eté	Eté	26 Mai	7 Mai	Eté	13 Mai
NW	Eté	Eté	15 Mai	12 Mai	Eté	12 Mai

Lorsque la masse d'air est continentale, le réchauffement est le plus rapide. Dès le début Mars et quelquefois même dès la fin Février, on peut lire des températures supérieures à 15° (ou égales) lorsque la masse d'air vient de l'Est à Sud-Ouest pour les stations les plus continentales de Normandie, de Sud-Est à Sud-Ouest pour les autres. Mais ce n'est qu'à partir d'Avril que la majorité des anticyclones deviennent chauds. Cette deuxième partie du tableau souli-

gne l'influence négative de la mer sur le réchauffement des anticyclones printaniers. En été seulement, le réchauffement devient important dans toutes les stations côtières lorsque l'air vient de la mer. A la Pointe du Roc, le réchauffement est plus précoce qu'à Cherbourg ou La Hève, car la station est pratiquement au fond d'un golfe et beaucoup moins exposée aux influences marines. Pour la même raison, La Hève est souvent un peu plus chaude que Cherbourg.

Si l'on considère la totalité des anticyclones pendant les quinze années, il est intéressant de souligner la date médiane où tous les anticyclones ont une température supérieure à 14°. Elle est la suivante :

31 mai à Cherbourg-Chantereyne
23 mai à la Pointe du Roc
2 mai à Caen
3 mai à La Hève
2 mai à Rouen.

L'action des anticyclones est donc assez semblable à Alençon et à Rouen, malgré la différence de latitude des deux stations.

Caen et la Pointe du Roc se ressemblent assez : l'une, située à quelque distance de la côte mais largement accessible aux masses d'air marin de secteur Nord (réchauffement plus lent) ; l'autre, sur la côte, mais assez bien abritée des vents marins (sauf par air d'Ouest ou de Nord-Ouest où le réchauffement est alors plus tardif à Granville qu'à Caen).

Les côtes peu abritées restent le plus souvent assez froides au printemps. Seules les masses d'air venant du secteur Sud apportent des temps assez cléments sur l'ensemble de la Normandie.

D)- CARACTÈRES ORIGINAUX DES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES
AU PRINTEMPS.

Le phénomène du réchauffement est l'aspect le plus intéressant des anticyclones au printemps. Comme nous venons de le voir, il peut se faire de façon assez brutale avec le changement d'origine de la masse d'air ou de façon plus lente par :

- élévation progressive des températures maxima qui oscillent souvent vers 11-13° avant de passer au-delà de 15°.
- Dès le début du printemps; supériorité des maxima des stations continentales par rapport aux stations côtières. L'écart est souvent important : plus de 10°.
- progression très lente des minima. Ceux-ci restent assez longtemps voisins de 0° à l'intérieur.

Pour mieux comparer les anticyclones de printemps à ceux de l'été ou de l'hiver et pour voir les probabilités de réchauffement, nous allons dresser le tableau du pourcentage des anticyclones en fonction de la direction de la masse d'air mois par mois.

Tableau du pourcentage des anticyclones
en fonction de la direction de la masse d'air de

1951 à 1970

<u>Direction</u>	<u>Mars</u>	<u>Avril</u>	<u>Mai</u>
N	6 %	7 %	8 %
N.E.	7	23	23
E	3	32	25
S.E.	15	5	9
S	7	5	4
S.O.	7	5	5
O	9	12	7
N.O.	13	6	12
Stagnation	6	4	2

Cette répartition est plus proche des conditions de l'hiver que de celles de l'été. Les anticyclones dirigent un flux de Nord-Ouest et d'Ouest, les plus nombreux en été, sont assez rares, surtout en Avril. La transition entre l'hiver et l'été est à peu près bien réalisée pour les types d'Est et l'ensemble de ceux du secteur Sud. Ces derniers sont moins nombreux en Mai, ce qui est normal car ils sont les plus chauds. L'originalité du printemps tient à la proportion relativement importante d'anticyclones qui dirigent un air de Nord-Est. Ceci s'explique par l'importance de la circulation méridienne au printemps. Les dorsales d'air chaud s'étendent très loin vers le Nord et leur inclinaison vers l'Est à des latitudes très septentrionales explique cette direction de Nord-Est.

Localisation du centre des anticyclones
au printemps de 1951-1970

	<u>Mars</u>	<u>Avril</u>	<u>Mai</u>
Atlantique	27 %	39 %	47 %
Grande-Bretagne	10	17	11
Mer du Nord	8	12	7
Scandinavie	8	7	4
Russie	14	3	2
Europe centrale	15	8	17
Normandie	13	6	8
Golfe de Gascogne	4	6	4
Sud		1	

Deux éléments importants apparaissent dans ce tableau :

1°- Les anticyclones centrés sur l'Atlantique deviennent de plus en plus nombreux au cours du printemps. La transition est extrêmement nette entre l'hiver et l'été. L'Océan devient progressivement froid par rapport au continent. Les masses d'air refroidies à la base dégénèrent moins sur la mer, donc les anticyclones demeurent plus longtemps sur l'Océan.

2°- Le mois d'Avril est différent des deux autres mois. Comment expliquer ce phénomène ? Nous avons vu qu'une surface froide à la base assurait le maintien des anticyclones. Au mois d'Avril, le réchauffement devient important en Russie, en Europe centrale. Les centres des anticyclones glissent alors vers le Nord de l'Europe où le réchauffement ne s'est pas encore produit. Le mois de Mai marque la transition entre le mois d'Avril et l'été, le mois de Mars entre l'hiver et Avril.

Le dernier trait original du printemps, c'est l'importance des anticyclones thermiques en Mars :

Pourcentage des anticyclones surmontés d'air

	<u>Chaud</u>	<u>Froid</u>
Mars	64 %	36 %
Avril	70 %	30 %
Mai	81 %	19 %

Ce phénomène a déjà été mis en évidence dans l'étude de la situation en altitude. Il ne favorise guère le réchauffement des anticyclones en Mars et Avril.

La localisation du centre de l'anticyclone et l'origine de la masse d'air expliquent la composition de la masse d'air.

Les sources de l'air au printemps de 1951 à 1961

<u>Masse d'air</u>	<u>Mars</u>	<u>Avril</u>	<u>Mai</u>
Polaire maritime	40 %	52 %	53 %
Polaire maritime évolué	8 %	5 %	13 %
Polaire continental	39 %	21 %	31 %
Arctique maritime	10 %	19 %	2 %
Arctique continental	3 %	3 %	0 %
Tropical maritime	-	-	1 %

Le mois de Mars se caractérise en partie par l'aggravation des phénomènes hivernaux : l'air maritime est rare, l'air continental devient plus fréquent. En Avril, on retrouve les caractères particuliers de ce mois : un anticyclone sur 5 est formé d'air arctique alors que l'air continental devient plus rare : ceci s'explique par le glis-

sement des centres des anticyclones d'Europe centrale vers le Nord, région où l'air arctique est beaucoup plus fréquent. En Mai, l'air arctique a presque disparu. Pendant cette période, 1951-1961, 27 % des anticyclones d'Avril dirigeaient un air de Nord-Est et 40 % avaient leur centre au Nord de l'Europe : Grande-Bretagne, Mer du Nord, Scandinavie. En Mai, 22 % dirigent un air de Nord-Est et 22 % se localisent dans la partie Nord.

En résumé, les anticyclones printaniers sont froids. Ils sont d'autant plus froids que l'on se trouve près de la côte. Il faut attendre la dernière décade d'Avril pour que la très grande majorité des anticyclones soient chauds dans les stations les plus continentales. A Cherbourg, même la dernière décade de Mai, les anticyclones chauds ne représentent qu'une faible majorité. Pendant la période 1951-1965, le pourcentage des anticyclones où la température maximum est égale ou supérieure à 15° atteint :

39 % dans la première décade de Mai,
49 % dans la seconde,
57 % dans la troisième.

Ces caractères s'expliquent :

- par la pénétration importante de l'air marin encore frais en Normandie,
- par l'importance des anticyclones surmontés d'air froid en Mars-Avril,
- par le déplacement du centre des anticyclones vers le Nord en Avril, ce qui entraîne la diminution des directions

de secteur Sud (lesquelles provoquent les plus fortes chaleurs),
et l'importance de l'air arctique maritime.

*

* *

IV- LES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUE D'AUTOMNE

La même méthode sera utilisée pour l'automne. Quel est
survient le refroidissement ? Quelles sont les caractéristiques
des temps anticycloniques d'automne ?

Contrairement au printemps, l'automne se divise naturelle-
ment en trois périodes :

- 1^{re} - le mois d'octobre : les anticyclones sont chauds ;
 - 2^{de} - le mois de novembre : les anticyclones sont frais ;
 - 3^{de} - le mois de décembre : les anticyclones sont froids ;
- existe entre le 1^{er} et le 15 octobre ; et le 29 octobre -
tembre, on voit apparaître les anticyclones froids, dont
le maximum est atteint le 15 novembre 1950. L'ampleur
de cette apparition diffère en fonction de l'origine de la
masse d'air. C'est également le seul mois où des différen-
ces réelles distinguent les stations.

Le croquis R p. 327 montre la diminution du pourcenta-
ge des anticyclones chauds en fonction des neuf décades
d'octobre. Cette diminution des anticyclones chauds entre le
21 octobre et le 10 novembre pour Cherbourg et la Pointe du
Tac ; elle commence à partir du 11 octobre pour Caen, Alen-

gon, Rouen et même à partir du 1er Octobre pour La Hève.

Le refroidissement commence d'abord par toucher très légèrement les stations du Nord dès le 11 Septembre, puis beaucoup plus fortement les stations situées à l'Est de la Normandie.

Date du premier jour de froid
selon la direction des masses d'air anticycloniques dans les
principales stations normandes

	<u>Cherbourg</u>	<u>Roc.</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
Nord	18 Sept.	30 Sept.	18 Sept.	30 Sept.	18 Sept.	18 Sept.
Nord-Ouest	29 Sept.	29 Sept.	29 Sept.	29 Sept.	29 Sept.	29 S.
Nord-Est	1er Oct.	1er Oct.	1er Oct.	1er Oct.	20 Sept.	1 Oc.
Est	10 Oct.	11 Oct.	11 Oct.	6 Oct.	8 Oct.	8 Oc.
Sud-Est	16 Oct.	15 Oct.	8 Oct.	15 Oct.	24 Sept.	12 Oc.
Ouest	17 Oct.	9 Oct.	26 Oct.	27 Nov.	9 Oct.	17 Oc.
Sud	26 Oct.	28 Oct.	26 Oct.	26 Oct.	23 Oct.	26 Oc.
Sud-Puest	26 Oct.	31 Oct.	26 Oct.	26 Oct.	26 Oct.	26 Oc.
Normandie	8 Nov.	8 Nov.	8 Nov.	8 Nov.	9 Oct.	6 No.

La Hève est la station de Normandie qui se refroidit la première. En dehors de cette exception, il y a assez peu d'écart entre les stations. Pour le temps d'Ouest, le mois d'écart entre Alençon et Caen s'explique surtout par l'absence d'anticyclone d'Ouest entre le 26 Octobre et le 27 Novembre.

La date du dernier jour où l'anticyclone est chaud confirme le peu de différence qui existe en automne entre les stations :

Date du dernier jour chaud
selon la direction des masses d'air anticycloniques dans
les principales stations normandes

	<u>Cherbourg</u>	<u>Roc</u>	<u>Cagn</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
Nord	8 Octobre	8 Oct.	8 Oct.	8 Oct.	7 Oct.	8 Oct.
Normandie	14 Oct.	14 Oct.	14 Oct.	14 Oct.	14 Oct.	14 Oct.
Nord-Est	19 Oct.	19 Oct.	19 Oct.	18 Oct.	19 Oct.	18 Oct.
Ouest	24 Oct.	26 Oct.	24 Oct.	26 Oct.	24 Oct.	21 Oct.
Nord-Ouest	25 Oct.	25 Oct.	25 Oct.	31 Oct.	25 Oct.	25 Oct.
Est	27 Oct.	27 Oct.	27 Oct.	27 Oct.	27 Oct.	27 Oct.
Sud-Est	31 Oct.	28 Oct.	28 Oct.	28 Oct.	28 Oct.	28 Oct.
Sud-Ouest	13 Nov.	28 Oct.	8 Nov.	8 Nov.	28 Oct.	28 Oct.
Sud	29 Nov.	26 Oct.	29 Nov.	29 Nov.	29 Nov.	29 Nov.

Les anticyclones qui dirigent un air venant du Nord se refroidissent les premiers. A la différence du printemps, où les écarts entre Cherbourg et Alençon étaient très importants, l'automne se caractérise par une égalisation des températures dans toute la Normandie. Ceci s'explique aisément : le continent se refroidit lentement et sa température avoisine celle de la mer. A partir d'Octobre, la température moyenne de l'eau de mer au point K (17°1 pour la période 51-70) est supérieure à la température maximum de l'air sur le continent. La température moyenne de l'eau de mer au point J, situé plus au Nord-Ouest, devient plus élevée que sur le continent en Novembre (12°). De toute façon, en Septembre comme en Novembre, les écarts terre-mer sont peu importants.

Examinons plus en détail ces trois parties de l'automne.

A)- LES ANTICYCLONES EN SEPTEMBRE

La température par type de temps anticyclonique est assez élevée. Les belles journées sont nombreuses. Pourtant, on note un refroidissement non négligeable des anticyclones : en moyenne 4° par type. Mais le type le plus fréquent en Septembre est l'anticyclone atlantique de Nord-Ouest. La moyenne des maxima de température varie entre 18 et 22°. Or, de nombreux anticyclones en Septembre ont une température égale ou supérieure à ces chiffres car ils ont leur centre sur le continent et dirigent un air de secteur Est à Sud-Ouest beaucoup plus chaud. L'anticyclone le plus fréquent est un anticyclone centré sur l'Europe centrale et dirigeant un flux de Sud-Est. La moyenne des maxima varie en été de 24° à 29°. Même si ce type compte 4° de moins en Septembre, il est plus chaud que l'anticyclone atlantique de Nord-Ouest d'été. Le pourcentage des anticyclones recouverts d'air chaud en altitude est également plus élevé qu'en été : 91 % des cas.

Localisation du centre des anticyclones
en Septembre

Europe centrale	28 % des cas
Atlantique	20 %
Normandie	16 %
Grande-Bretagne	12 %
Mer du Nord	10 %
Russie	5 %
Golfe de Gascogne	4 %
Scandinavie	3 %
Sud de la France	2 %

La grande différence avec l'été est le remplacement des anticyclones centrés sur l'Atlantique par les anticyclones centrés sur l'Europe centrale. Comme le gradient entre la mer et la terre est insignifiant, la translation se fait aisément, et les anticyclones ne dégénèrent plus sur l'Europe centrale (par réchauffement des basses couches) comme en été.

Direction des masses d'air anticycloniques
en Septembre

Nord	1 %
Nord-Est	11 %
Est	19 %
Sud-Est	23 %
Sud	8 %
Sud-Ouest	10 %
Ouest	4 %
Nord-Ouest	11 %
Stagnation	11 %

41 % des masses d'air viennent de secteur Sud, correspondant à la remontée de masses d'air chaud. Ceci nous explique la chaleur des anticyclones de ce mois.

B)- LES ANTICYCLONES EN OCTOBRE

L'évolution se poursuit.

Localisation du centre des anticyclones

Europe centrale	32 %
Russie	22 %
Normandie	13 %
Grande-Bretagne	12 %
Atlantique	12 %
Scandinavie	4 %
Mer du Nord	3 %
Sud France	1 %
Méditerranée	1 %

Le glissement des anticyclones vers l'Est continue donc. Un anticyclone sur trois est centré sur l'Europe centrale.

Direction des masses d'air anticycloniques
en Octobre

Nord	4 %
Nord-Est	8 %
Est	18 %
Sud-Est	36 %
Sud	8 %
Sud-Ouest	11 %
Ouest	5 %
Nord-Ouest	8 %
Stagnation	3 %

Là aussi, l'évolution s'est poursuivie : 55 % des masses d'air viennent du Sud contre 17 % du secteur Nord. 92 % des anticyclones sont recouverts d'air chaud. Ceci explique la survivance du type de temps anticyclonique chaud en Octobre. Toutefois, le refroidissement du continent s'accélère, et après le 12 Octobre, les températures maximales sont plus que très exceptionnellement supérieures à 20°.

L'anticyclone centré sur l'Europe centrale dirigeant un flux de Sud-Est est toujours le type le plus fréquent.

C)- L'ANTICYCLONE CENTRE SUR L'EUROPE CENTRALE ET
DIRIGEANT UN FLUX DE SUD-EST.

Le 16 Octobre 1970 (R p. 328-329) représente un exemple typique de cette période charnière. En altitude, une dorsale d'air chaud recouvre notre région. Au sol, un anticyclone de 1030 millibars s'étend de la Mer du Nord à la Mer Noire. Remarquons qu'il y a un décalage entre la dorsale et le

centre de l'anticyclone. Pour quelle raison ? L'Europe centrale et orientale commence à devenir froide ; les minima sont inférieurs à 0°. Dans la journée, les températures restent basses. Un anticyclone thermique prolonge donc, dans la partie Est de l'Europe, l'anticyclone dynamique de la partie occidentale. Un anticyclone thermique a généralement des pressions plus élevées qu'un anticyclone dynamique. Ceci explique pourquoi le centre de l'anticyclone est décalé vers l'Est. D'autre part, les températures diminuent normalement du Sud vers le Nord :

à 6 heures, on a 15° à Gênes,
10° à Milan,
3° à Strasbourg.

L'anticyclone thermique s'étend donc plus vers l'Ouest dans sa partie Nord plus froide ; d'où la direction Sud-Est des masses d'air sur nos régions.

La Normandie reste assez chaude :

1°- L'air vient de contrées méridionales peu refroidies.

2°- En altitude, l'air chaud recouvre nos régions.

Aussi les maxima de température varient entre 14° (Cherbourg, Rouen) et 16° (Alençon, Pointe du Roc). L'influence de la mer est pratiquement abolie à cette époque. Aussi les températures sont-elles à peu près semblables.

L'insolation est bonne : 9 à 10 heures selon les stations.

Par contre, les températures commencent à baisser :

2° à Evreux par exemple, mais 8° à Cherbourg. Mais l'influence de la mer adoucit les minima. Ceci est valable pour tout l'automne. La mer est nettement plus chaude que le continent quand il rayonne pendant la nuit.

L'humidité relative est faible :

77 % à Rouen

70 % à Evreux.

D)- LES ANTICYCLONES EN NOVEMBRE

Ils sont devenus froids.

Localisation du centre des anticyclones
en Novembre

Europe centrale	23 %
Grande-Bretagne	18 %
Russie	16 %
Atlantique	16 %
Normandie	14 %
Mer du Nord	5 %
Scandinavie	5 %
Méditerranée	2 %
Golfe de Gascogne	1 %

La situation est assez semblable à celle de l'hiver.

Seuls les anticyclones centrés sur le Nord de l'Europe sont moins nombreux.

Les anticyclones d'Europe centrale sont moins nombreux qu'en Octobre. Il y a un glissement du centre des anticyclones vers le Nord. D'où l'importance grandissante de l'air qui vient de l'Est ou du Nord-Est.

Direction des masses d'air anticycloniques
en Novembre

Nord	4 %
Nord-Est	13 %
Est	20 %
Sud-Est	23 %
Sud	7 %
Sud-Ouest	13 %
Ouest	3 %
Nord-Ouest	6 %
Stagnation	11 %

A cette période de l'année, même l'air de Sud-Est n'est plus chaud, car toute l'Europe s'est refroidie. Enfin, la proportion d'anticyclones recouverts d'air froid en altitude grandit : 80 % des anticyclones sont recouverts d'air chaud en altitude, sur la Normandie.

Toutes ces raisons expliquent la fraîcheur des anticyclones en Novembre. Ils restent un peu plus chauds qu'en hiver, mais les gelées deviennent fréquentes et, de temps à autre, on voit apparaître des maxima proches de 0°.

Il n'y a pas de type d'anticyclone aussi caractérisé que ceux des mois précédents.

E)- LES MASSES D'AIR EN AUTOMNE

L'évolution des masses d'air est sensible d'un mois à l'autre.

L'évolution du pourcentage des masses d'air au cours de l'automne, pour la période 1951-1960

	<u>Septembre</u>	<u>Octobre</u>	<u>Novembre</u>	<u>Automne</u>
Polaire maritime	65 %	47 %	42 %	52 %
Polaire maritime évolué	16 %	13 %	14 %	14 %
Polaire continental	17 %	34 %	39 %	30 %
Tropical maritime	1 %	1 %	-	1 %
Arctique maritime	-	5 %	4 %	3 %

Le fait essentiel, au cours de l'automne, est le recul de l'air polaire maritime remplacé par l'air polaire continental. Ce phénomène apparaît surtout en Octobre, avec le déplacement vers l'Est du centre des anticyclones.

Cela peut être considéré comme valable pour toute la période 1951-1970, car il n'y a guère de différences entre les deux périodes.

Localisation du centre des anticyclones
en automne

	<u>1951-1961</u>	<u>1951-1970</u>
Europe centrale	30 %	29 %
Atlantique	16 %	15 %
Russie	13 %	15 %
Normandie	13 %	14 %
Grande-Bretagne	13 %	14 %
Mer du Nord	6 %	6 %
Scandinavie	5 %	4 %
Golfe de Gascogne	2	2
Sud France	1 %	1 %
Méditerranée	1 %	1 %

Direction des masses d'air anticycloniques
en automne

	<u>1951-1961</u>	<u>1951-1970</u>
Nord	4 %	3 %
Nord-Est	12 %	10 %
Est	20 %	19 %
Sud-Est	25 %	28 %
Sud	6 %	8 %
Sud-Ouest	12 %	11 %
Ouest	4 %	4 %
Nord-Ouest	10 %	8 %
Stagnation	8 %	8 %

Les différences restent négligeables.

En conclusion, ce qui caractérise surtout le temps anticyclonique en automne, c'est la douceur des températures, l'ensoleillement, phénomènes communs à toute la Normandie. Ce n'est qu'à partir du 1er Novembre que le temps devient beaucoup plus froid et qu'il est ressenti comme tel. Il y a là un contraste assez saisissant avec le printemps qui reste froid sur les côtes. D'autre part, en automne, les différences apparaissent entre les époques ; chaleur jusqu'en Octobre, froid ensuite. Au printemps, les différences dépendent de la localisation : chaleur à l'intérieur, froid sur les côtes. Mais le temps anticyclonique est beaucoup plus complexe au printemps qu'à l'automne.

*

* *

V- LES NUANCES RÉGIONALES DES TYPES DE TEMPS ANTICYCLONIQUES *****

Les types de temps anticycloniques sont très fréquents. Il est donc intéressant d'envisager l'action de ces temps sur l'ensemble de la Normandie. Nous étudierons des cas où le type dure une dizaine de jours. Pour disposer du plus grand nombre possible de stations, chaque exemple sera pris dans une période récente.

A)- EN HIVER

Du 1er au 8 Décembre 1968, des hautes pressions couvrent l'Europe occidentale et centrale. Le 9 et le 10, ces hautes pressions faiblissent. L'anticyclone, centré sur la Scandinavie ou l'Europe centrale, dirige un flux de Sud-Est

le plus généralement. En altitude, la région est surmontée d'air chaud. Le temps est le plus souvent très nuageux. Les brouillards sont fréquents le matin et parfois de faibles bruines suintent. Pour l'ensemble de ces dix jours, les précipitations ne dépassent pas 2 millimètres, à l'exception de :

Digulleville	14 millimètres
Beauvoir	5 mm
Bellême	3 mm
Saint-Cormier-des-Landes	3 mm
Irai	3 mm
Sainte-Honorine le G.	6 mm
Bellou en Houlme	3 mm
Saint-Sylvain	3 mm
Le Tréport	4 mm

Ces précipitations restent insignifiantes, et l'établissement d'une carte des précipitations est donc inutile. Les stations les plus arrosées sont situées dans le Haut Bocage de l'Orne où l'air venant du Sud-Est a été obligé de monter. L'humidité relative a atteint 100 %. Des condensations sous forme de bruine s'observent alors. Les autres stations sont des stations côtières et l'humidité de l'air est renforcée par la proximité de la mer. A l'usine atomique de La Hague (Digulleville), station la plus arrosée, l'humidité relative a presque toujours été égale à 100 % (Croquis R p. 330). A Rouen-Boos (R, p. 331), l'humidité journalière moyenne a oscillé entre 96 et 99,6 %. L'insolation a été nulle.

Pour établir les cartes de température, une échelle très contrastée a été choisie : Cartes R p. 332 et 333 :

- Elle montre les différences d'une station à l'autre avec précision, mais il a fallu changer d'échelle d'une carte à l'autre au cours des diverses raisons.

Les contrastes de température sont plus importants pour les maxima que pour les minima :

- 0°9 à Préaux dans l'Orne 1°6 à Forges-les-Eaux
5°7 à Auderville (Cap de La Hague) 8°8 à Auderville

L'écart atteint 6°6 pour les minima et 7°2 pour les maxima.

La moyenne des minima est inférieure à 0° dans la plupart des stations de l'Est de l'Orne et de la Seine-Maritime. Sans doute pourrait-on trouver des températures analogues dans l'Eure si le nombre de stations était plus important. L'Ouest de la Normandie est plus chaud que la partie Est. Même La Hève, située au bord de la mer, a une température inférieure à celles des stations continentales de la Manche ou de l'Ouest du Calvados. Mais la côte Nord du Cotentin est beaucoup plus chaude. L'influence de la Manche se fait davantage sentir sur les minima que sur les maxima. Le 1er Décembre, la température de l'eau de mer est égale à 10°8 à 6 heures du matin au bateau-phare situé à 10 milles du Havre et la température de l'eau de mer au large de La Hève est supérieure de 2° environ.

Sur la carte des maxima de température, le contraste entre l'Ouest et l'Est de la Normandie est beaucoup plus accusé et l'écart entre les stations du Nord-Cotentin et celles des autres postes de l'Ouest de la Normandie est plus faible.

L'air vient du Sud-Est, semble se réchauffer progressivement en approchant de l'Océan. La masse continentale exerce une action dans son ensemble, face à la masse océanique. La Manche n'apporte qu'un réchauffement très limité.

Moyenne des maxima
du 1er au 10 Décembre 1968

Strasbourg	1°1	Saint-Dizier	3°3
Nancy	1°	Orly	4°
Reims	3°	Chartres	3°5
Le Bourget	3°6	Alençon	5°
Beauvais	2°2	Rennes	7°
Rouen-Boos	2°2	Brest Guipavas	10°2
La Hève	4°4		

Ces deux séries de chiffres montrent que le réchauffement se produit en Normandie, mais à l'Ouest du méridien de Greenwich.

A l'exception du 1er Décembre où le refroidissement est survenu, les variations d'un jour à l'autre sont assez faibles (Croquis R p. 330-331). L'amplitude diurne est limitée. Ces phénomènes sont identiques à Gatteville ou à Rouen-Boos.

Pour ce type de temps, l'influence de l'Océan l'emporte sur l'influence de la côte.

B) - AU PRINTEMPS

A partir du 1er Avril 1969, des hautes pressions s'établissent sur la Normandie jusqu'au 10. Ces hautes pressions, qui s'étendent de l'Atlantique à la Russie, dirigent un flux d'air continental. La carte de la température minimum moyenne pendant ces dix jours montre nettement l'influence de la mer. Les températures minima sont plus élevées sur la côte. Elles ne sont guère supérieures à celles de l'hiver dans la partie Ouest : 1 à 2° au plus. Il y a, par contre, moins de différences entre l'Est et l'Ouest de la Normandie.

L'influence de l'Océan diminue car les températures maxima s'élèvent et le sol se réchauffe.

La carte des maxima de température (R p. 334) souligne la différence considérable qui existe en cette saison entre les stations :

Les stations côtières sont très froides : 10°1 à Gatteville
11°2 à Auderville

La partie Sud est plus chaude : 13°1 à Granville.

Dans l'Orne, on note les températures les plus élevées :
18°1 à Sainte-Honorine et à Préaux.

L'Est est plus chaud que l'Ouest : 13° au Tréport
15°6 à Etrépagny
14°1 à Condé-sur-Vire.

D'un jour à l'autre, les variations des minima sont relativement faibles, sauf dans la nuit du 5 au 6 à Evreux. Il n'y a que 6°6 entre la nuit la plus chaude et la plus froide de ces dix jours. Par contre, les maxima augmentent de 15°4 entre le 1er et le 9. Le 8 ou le 9, des températures très élevées ont été notées :

28°6 à Préaux,
26° à Sainte-Honorine le G.,
24°6 à Irai et Athis,
24° à Bellou et Domfront, Menneval,
plus de 23° à Alençon, Argentan, Saint-Cormier,
Echauffour, Saint-Ellier, Saint-Germain de T. près de
Vire, Brionne, Etrépagny.

Cette dernière station, la plus orientale, a été la plus chaude de Seine-Maritime. L'influence de la latitude est importante en cette saison : l'air venant d'Est et secondairement de Sud-Est, a traversé des régions plus

chaudes (situées plus au Sud et plus éloignées de la Manche ou de l'Atlantique). En Avril, la Manche, près du Havre, oscille entre 7 à 11°. La température moyenne pendant la période 1951-1970 en Avril est de :

9°1 au point I
10°7 au point J
12°7 au point K, pourtant plus au Sud.

La variation diurne de la mer est très faible et le contraste est grand avec les températures supérieures à 20° rencontrées à l'intérieur. La température la plus élevée de ces dix jours n'a pas dépassé :

20° à La Hève,
19°6 à Agon Coutainville,
18°4 à Granville,
16°4 à la Pointe de La Hague,
16° à Cherbourg, et à Barfleur (l'air vient de l'Est, donc de l'Océan).

La nébulosité a été plus forte à l'Ouest qu'à l'Est.

A Cherbourg-Maupertus, l'insolation a toujours été inférieure à 10 heures par jour.

L'insolation est égale ou supérieure à 10 heures par jour :

5 jours à Caen-Carpiquet,

6 jours à La Hève, Rouan-Boos, Evreux, Alençon.

Cette dernière station a été la plus ensoleillée, avec 90,1 heures.

La pluviosité est quasi inexistante. Les quelques rares pluies sont tombées le 1er dans la partie Est qui était encore en traine de la perturbation précédente, et le 10 dans la partie Ouest où arrive une nouvelle perturbation.

L'étude de l'ensemble des stations normandes confirme les résultats obtenus en examinant les stations principales : le contraste important des stations normandes au printemps : l'Est et surtout le Sud de la Normandie bénéficient d'un réchauffement plus précoce.

C)- EN ÉTÉ

La mer s'est réchauffée et les températures minima des stations côtières sont assez élevées : la chaleur de la mer freine donc le refroidissement nocturne. Mais, à cette exception près, la moyenne des minima dépend de conditions locales. A Tancarville, par exemple, elle atteint 12°6 ; l'influence de la proximité de la mer est renforcée par l'influence du versant de la vallée (craie). La carte (R p. 338) ne fait pas apparaître d'autres tendances bien marquées. La carte des maxima de température (R p. 337) souligne la différence entre les températures de l'intérieur, très élevées, et celles de la côte, très faibles. La moyenne des maxima à La Hague est de 18°, tandis qu'à Argentan, elle atteint 26°. Entre la côte et la région Sud et Est existe une bande où la moyenne des maxima varie entre 20 et 22. L'influence de la mer apparaît avec une netteté extraordinaire. L'amplitude est, comme au printemps, importante : plus de 10° en moyenne, mais elle augmente vers l'intérieur.

L'insolation est bonne. L'humidité relative, moyenne (Croquis R p. 339).

D)- EN AUTOMNE

La carte des températures minima (R p. 340) souligne de nouveau l'importance prépondérante de la mer. La température moyenne de l'Océan varie entre 11°2 au point I et 17°1 au point K en Octobre, pour la période 1951-1970. Et au large du Havre, la température varie entre 15 et 17° ce même mois. Cette température de la mer explique les écarts considérables qui existent entre les stations normandes :

11°2 au Cap de La Hague

1° à Brionne.

Le graphique R p. 342 montre l'existence, dès cette saison, de jours de gel dans la Normandie intérieure, et même parfois des minima fort bas tout à fait comparables à ceux d'hiver :

- 3°3 à Evreux-Huest le 29 Octobre 1971,
- 3°5 au Grand-Quevilly,
- 3°6 à Menneval,
- 4° à Brionne et à Bretebil-sur-Iton, Exmes,
Longny, Cerisy-Belle-Etoile,
- 4°1 à Forges-les-Eaux.

La température au sol atteint - 7° à Evreux, - 2° à Rouen-Boos et à Auzebosc le 29 Octobre. Ce jour-là, l'anticyclone est centré sur la Roumanie et dirige un flux de Sud sur la Normandie. Mais la faiblesse du gradient barométrique explique la stagnation des basses couches près du sol et leur refroidissement important en liaison avec un fort rayonnement nocturne. A peu près partout, des brumes et brouillards matinaux couvrent la Normandie. Les températures maxima sont, dans l'ensemble, plus élevées sur la

partie Sud (carte R p. 341), mais les écarts sont peu importants comparés à ceux des autres stations. La moyenne la plus élevée et la moyenne la plus basse s'observent toutes deux dans l'Orne :

14°3 à Saint-Cormier,
18°6 à Longny-au-Perche.

Les maxima peuvent être encore élevés :

23°7 à Evreux-Huest le 24 Octobre 1971, à
Canappeville,
23°2 au Tréport,
23°5 à Bréteuil,
23°9 à Caen-Carpiquet,
24°1 au Molay,
25° à Couvains.

Le 23 est très chaud également :

24° à Saint-Ellier,
26°4 à Baupré,
26°9 à Irai.

Ces stations à températures élevées apparaissent dans toute la Normandie, même dans la partie Ouest (comme Baupré), et même au bord de la mer (comme au Tréport).

L'étude de l'ensemble des stations normandes confirme l'égalisation des maxima de température que nous avons signalée précédemment.

Le graphique (R p. 340) souligne la chute brutale des températures entre le 24 et le 25. Ce phénomène apparaît le plus souvent au cours de la deuxième quinzaine d'Octobre en automne ; au contraire, pendant le printemps, l'augmentation des températures s'étale sur toute la période comprise de Mars à Mai.

CONCLUSION

Nous avons quelque peu développé l'étude des temps anticycloniques. Cette étude souligne les faits suivants :

1°- L'influence de la situation en altitude : une dorsale chaude permet les températures élevées au sol ; une vallée froide provoque quelques pluies.

2°- La direction de la masse d'air est déterminante pour expliquer la température du jour et les différences locales.

3°- Les variations régionales sont déterminées par l'action de la mer qui augmente les minima de température des stations côtières en toutes saisons, et les maxima en hiver. Par contre, elle empêche les fortes chaleurs de l'été.

L'influence de l'Océan, qui se fait sentir dans la partie Ouest de la Normandie, favorise l'augmentation des températures en hiver, mais provoque la diminution des maxima au printemps et en été.

L'influence de la latitude est plus secondaire ; elle explique une légère augmentation des maxima du printemps à l'automne (influence de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon).

Tous ces caractères se retrouvent, certes, en partie, dans les types de temps cycloniques, mais ils sont atténués ou masqués par l'action des perturbations.

C h a p i t r e I X

LES TYPES DE TEMPS PERTURBÉS

La classification de ces types de temps est assez délicate.

1°- Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, en Normandie, l'année se divise en deux saisons, l'une chaude et l'autre froide pour les anticyclones, de durée variable, mais parfois en quatre saisons pour les temps perturbés. Selon les endroits de Normandie, la saison ne correspond pas aux mêmes mois. L'été comprendra Juillet, Août, Septembre dans l'Ouest, et Juin, Juillet, Août dans l'Est.

Or, à quelques exceptions près, les caractères originaux des types de temps demeurent valables pour l'ensemble de l'année. Aussi cette classification se fait-elle d'abord par type de temps, ensuite par saison.

2°- Il existe toujours une certaine imprécision dans la détermination des types de temps :

- la traîne d'une perturbation se confond, quelquefois, avec un autre type ;

- la Normandie peut subir l'action de deux perturbations : l'une, par exemple, dont la trajectoire passerait au niveau de l'Ecosse, l'autre qui traverserait l'Espagne ;

- un type de temps ne dure pas obligatoirement 24 heures.

Pour résoudre ces difficultés, il faut poser quelques principes :

A)- Le type de temps a été le plus souvent déterminé à 6 heures, la période de 24 heures choisie s'étendant de 18 heures à 18 heures. Mais quand une perturbation qui arrive à 17 heures apporte des pluies, la journée sera classée en fonction de cette perturbation, même si le temps a été anti-cyclonique pendant les 23 heures précédentes.

B)- Le type de temps de la perturbation détermine le temps de la traîne. Par exemple, une traîne de Nord-Ouest suivant un temps de Sud-Ouest sera cataloguée temps de Sud-Ouest. Mais un temps à traîne de Nord-Ouest aura une signification particulière que nous étudierons.

C)- Pour éviter au maximum les confusions, il a semblé préférable de classer les perturbations en fonction de la position de leur trajectoire par rapport à la Normandie. Dans la même rubrique coexisteront donc les perturbations dont la trajectoire de Sud-Ouest se situe très à l'Ouest de la Normandie, sur l'Océan, les perturbations d'Ouest - voie I, les perturbations de Nord-Ouest qui passent sur l'Europe orientale. Le temps est beaucoup moins différent, dans ces trois cas, qu'entre deux perturbations d'Ouest (voie I et voie IV). En Normandie, l'été, le temps est chaud, à peu près sec, les différences entre ces trois trajectoires sont assez faibles et du même ordre que les écarts entre anticyclones à alimentation d'Ouest, de Sud-Ouest, et de

Nord-Ouest.

Souvent, lorsqu'une crête anticyclonique est installée sur l'Europe occidentale, la perturbation a d'abord une trajectoire de Sud-Ouest, puis d'Ouest, puis de Nord-Ouest, car elle a contourné la dorsale anticyclonique. Mais l'air qui circule sur la Normandie reste semblable malgré les variations de la trajectoire.

Le 29 Janvier 1973 (R p. 341-343), on voit les perturbations 5 b et 5 c qui contournent l'anticyclone. Les noyaux de variation de pression en 24 heures montrent un déplacement Ouest-Est pour le noyau de baisse à 6 heures, mais Nord-Ouest - Sud-Est à 18 heures. Que la perturbation 5 b passe au Nord de l'Ecosse ou en Pologne, le temps ne change guère en Normandie.

La classification des temps perturbés se fera en fonction de la distance de la trajectoire par rapport à la Normandie et de la place de la région au Nord et au Sud de cette trajectoire. Nous étudierons donc successivement :

- les marais barométriques et les blocages qui représentent deux aspects de la disparition des anticyclones,
- les temps perturbés chauds (trajectoires lointaines),
- les temps perturbés chauds (trajectoires proches),
- les temps perturbés pluvieux - (trajectoires au-dessus de la Normandie),
- les temps perturbés froids.

*

* *

SECTION I

MARAI⁷S BAROMÉTRIQUES

ET BLOCAGES DES PERTURBATIONS

Un anticyclone peut disparaître de plusieurs façons :

1°- La chaleur au sol peut augmenter notablement et l'air chauffé à la base devient léger, tend à s'élever. Les pressions diminuent donc. C'est le cas des marais barométriques surtout nombreux pendant la saison chaude.

2°- Une perturbation, et bien souvent plusieurs, viennent se heurter à l'anticyclone et finissent par le faire disparaître : le blocage des perturbations représente une transition entre type de temps anticyclonique et type de temps perturbé.

3°- Une perturbation peut contourner l'anticyclone, mais l'extrémité des fronts le traverse et provoque son affaiblissement.

4°- L'anticyclone se déplace et est remplacé par un temps perturbé .

Dans cette section, nous étudierons les deux premiers cas : marais barométrique et blocage des perturbations.

I- LE MARAIS BAROMÉTRIQUE *****

Le marais barométrique est, par définition, une aise de très faible gradient de pression, sans tracé isobarique bien défini. Les masses d'air stagnent alors sur le sol ;

seuls, des vents locaux de quelques mètres-seconde subsistent ; mais le plus souvent, c'est le calme. Le marais barométrique peut être chaud et correspond alors à la dégradation d'un anticyclone. Il est quelquefois froid, comme nous le verrons plus tard, mais ce cas est beaucoup plus rare.

A)- LE MARAIS BAROMÉTRIQUE CHAUD

L'origine est toujours la même. Un anticyclone est établi sur l'Europe. Il envoie sur la Normandie un flux de secteur Sud ou Est. Le gradient barométrique est très faible. Les masses d'air venant de régions déjà chaudes stagnent encore sur le continent. Dans la journée, le réchauffement des basses couches devient important (Cartes R p. 345 et sondage R p. 346). Le 15 Juin 1958, à 18 h., sur l'Espagne, apparaît une dépression peu creusée (1015 millibars) qui est surmontée en altitude par une dorsale chaude. C'est la dépression thermique typique. Elle se prolonge jusqu'au Sud de la Normandie par un talweg de basses pressions relatives (1015-1020 millibars). En altitude, la dorsale chaude recouvre notre région.

Le 16 (R p. 347), à 6 heures du matin, ces basses pressions relatives ont disparu. Pendant la nuit, le rayonnement nocturne a entraîné un abaissement des températures et les modifications du tracé isobarique liées à ces dépressions thermiques diurnes ont disparu. Dans la journée, les dépressions réapparaissent, en liaison avec les hautes températures et se creusent même (cartes du 16 Juin 1958, R p. 348-349). Ces petites dépressions favorisent les mani-

festations orageuses.

Mais la Normandie, proche de la Manche, à une latitude septentrionale, est moins touchée par ce phénomène que d'autres régions françaises.

	<u>15 Juin</u>		<u>16 Juin</u>	
	<u>12 heures T.U.</u>	<u>18 heures</u>	<u>0 heure</u>	<u>12 heures</u>
Cherbourg	1022,7 mb	1021,8	1021,1	1018,5 mb
Caen	1021,5	1020,6	1020,2	1017,2
Rouen	1022,7	1020,9	1021,1	1017,8
Limoges	1019,9	1018,4	1020,4	1017,6

La baisse de pression est continue à Cherbourg et à Caen ; elle s'accélère seulement dans la journée. La comparaison de la pression à Cherbourg et à Rouen montre nettement la baisse de pression diurne liée aux hautes températures.

La température a atteint :

22° à Cherbourg et 23°8 à Rouen le 15
20°8 et 25°7 le 16.

Cette instabilité des basses couches provoque ici ou là des orages, mais leur nombre reste assez limité en Normandie. Les phénomènes d'instabilité sont assez vite arrêtés par les hautes pressions établies en altitude (Sondage très stable pas de point L.F.C., R p. 346).

Cet exemple est très représentatif du type de temps de marais barométrique. Un sondage portant sur 32 cas de marais barométrique chaud (1951-1960) montre le faible pourcentage du nombre de jours de pluie.

Pourcentage des jours pluvieux

Cherbourg	6 %
Pointe du Roc	13 %
Caen	16 %
Alençon	31 %
La Hève	9 %
Rouen-Rouvray	13 %

L'absence de pluie est le cas le plus répandu, surtout sur la côte Nord. Alençon, la station la plus éloignée de la mer et la plus méridionale, ne reçoit des précipitations qu'un jour sur trois. Ces pluies sont très sporadiques, le plus souvent orageuses et violentes.

Pourcentage des pluies égales ou supérieures à 5 millimètres
par rapport au nombre de jours de précipitations

Cherbourg	50 %
Pointe du Roc	25 %
Caen	20 %
Alençon	50 %
La Hève	67 %
Rouen-Rouvray	75 % (31 mm en 24 heures).

Ces pourcentages ne sont donnés qu'à titre indicatif en raison du faible nombre de jours de précipitations.

Ces journées sont agréables sur la côte car les températures sont plus basses et les vents assez forts, des brises de mer pouvant se produire. A l'intérieur, les calmes représentent la règle générale, et les températures sont très élevées (pas de vent, faible nébulosité jusqu'à midi, air plutôt originaire du Sud).

Moyenne des maxima (sondage sur 32 cas)

Cherbourg	20°6
Pointe du Roc	22°9
Caen	24°8
Alençon	26°4
La Hève	23°1
Rouen-Rouvray	26°2

Ces températures sont assez proches de celles des anticyclones les plus chauds. Les écarts entre les stations côtières et celles de l'intérieur sont du même ordre. Seuls les anticyclones alimentés par un air de secteur Sud sont plus chauds.

Fréquence des journées
où la température est égale ou supérieure à

	20°	25°	30°
Cherbourg	72 %	9 %	0 %
Pointe du Roc	84 %	22 %	0 %
Caen	91 %	59 %	6 %
La Hève	84 %	28 %	3 %
Rouen	96 %	75 %	25 %
Alençon	100 %	75 %	16 %

Ce tableau des fréquences souligne la différence entre la côte et l'intérieur où les fortes températures sont rares. Il montre aussi que, dans la partie Est de la Normandie, les températures supérieures à 30° sont proportionnellement plus fréquentes que dans le reste de la Normandie : pour une moyenne des maxima très légèrement inférieure à celle d'Alençon, Rouen compte plus de jours où les maxima atteignent 30°.

Sous l'influence de ces hautes températures, les pressions baissent progressivement et les perturbations pénètrent

plus facilement sur le continent, provoquant la fin du régime anticyclonique.

Il arrive que le type de temps de marais barométrique soit accompagné d'un front qui souvent marque la limite de deux masses d'air, l'une plutôt maritime, l'autre plutôt continentale. Le 4 Juillet 1971, par exemple (R p. 350-352), le matin, un front froid avance dans cette zone de marais barométrique ; le soir, il s'est transformé en front chaud. Au cours de la journée, l'air de plus en plus chaud est devenu plus dynamique que l'air froid. Le passage du front peut entraîner quelques pluies, assez faibles, mais plus régulièrement réparties.

Le marais barométrique surmonté par une crête chaude en altitude apparaît quelquefois au printemps, un peu plus souvent en automne. En hiver, une évolution semblable des anticyclones donnerait un anticyclone thermique plus puissant : la stagnation des masses d'air près du sol favorise leur refroidissement et renforce l'anticyclone. L'air devient de plus en plus stable.

B)- LE MARAIS BAROMÉTRIQUE SURMONTÉ PAR UN AIR RELATIVEMENT FROID AU SEIN D'UNE DORSALE DE HAUTES PRESSIONS.

Le cas est légèrement différent du précédent. Au sol, il y a toujours un anticyclone, en altitude une zone de hautes pressions liées à de l'air chaud. Mais au sein de cette masse d'air chaud existe une goutte d'air ou une vallée d'air un peu plus froid. C'est le cas du 5 Juillet 1971 où un

air légèrement plus froid recouvre la Normandie (surface 500 mb) (R p. 353). Les pressions sont à peine plus basses. Malgré tout, le temps est légèrement modifié (comme pour les anticyclones). Les maxima sont plus bas. Pendant les dix ans précédemment retenus, onze cas de ce type ont été relevés. La moyenne des maxima s'établit ainsi :

Cherbourg-Chantereyne	18°5
Pointe du Roc	21°4
Caen-Carpiquet	20°
Alençon	22°5
La Hève	18°7
Rouen-Rouvray	21°6

Les écarts entre les stations sont moins importants que dans le cas précédent : les températures sont plus basses, l'influence refroidissante de la mer agit moins. Comme pour les anticyclones, une masse d'air plus froid en altitude accompagne des températures plus basses au sol.

Seule, la station de Rouen a un maximum supérieur à 30°.

Alençon compte 27 % de maxima égaux ou supérieurs à 25°, Rouen 18 %, les autres stations 0.

L'étude de ces fréquences souligne l'influence de la situation en altitude sur le temps au sol. Ce type de ma-rais est également plus arrosé.

Pourcentage des jours pluvieux

Cherbourg	9 %
Pointe du Roc	20 % .
Caen	37 %
Alençon	37 %
La Hève	46 %
Rouen	37 %

La présence de l'air froid en altitude favorise l'instabilité. La présence d'un front, même peu actif comme le 5 Juillet 1971, provoque des pluies. L'air, ce jour-là, est plus humide, car il vient du Nord. La veille, par type de marais barométrique chaud, il venait de Sud et était plus chaud et plus sec.

Le 4 Juillet 1971, l'humidité relative moyenne atteint 72,4 % à Rouen-Boos, le 5, 81,5 %. La différence à Evreux est encore plus importante et dépasse 10 %.

Pour résumer, le marais barométrique chaud correspond à une dorsale d'air chaud qui se traduit au sol par un lent glissement d'air de secteur Sud. Le marais barométrique recouvert en altitude d'une vallée s'accompagne souvent d'un air venant du Nord, donc froid et plus instable car il se réchauffe à la base. Lorsque le marais est lié à des basses pressions en altitude, le phénomène est encore plus marqué.

C)- MARAI'S BAROMÉTRIQUE FROID

Il existe en toute saison car il ne correspond plus à des masses d'air anticycloniques qui se réchauffent à la base et deviennent plus légères. Dans le cas précédent, le faible gradient barométrique accompagnait le centre de la dorsale. Dans le cas présent, il est lié à l'axe de la vallée. Au centre d'une coulée froide, les masses d'air stagnent parfois ; cette stagnation reste, cependant, plus fréquente pendant la saison chaude car le gradient barométrique à nos latitudes est beaucoup plus faible qu'en hiver.

1- Pendant la saison chaude

Ce type est encore plus froid que le précédent. Pour les mêmes dix années, la moyenne des maxima pour 35 cas s'établit ainsi :

Cherbourg-Chantersyne	17°3
Pointe du Roc	18°8
Caen-Carpiquet	19°4
Alençon	21°1
La Hève	18°7
Rouen-Rouvray	21°

La différence de température avec le type de marais chaud est importante, surtout pour les stations de l'intérieur. La baisse est beaucoup moins importante pour les minima.

Moyenne des minima

Marais barométrique

	<u>Chaud</u>	<u>Mixte</u>	<u>Froid</u>
Cherbourg	14°3	14°	12°1
Pointe du Roc	15°1	13°9	12°8
Caen	12°4	12°9	11°1
Alençon	12°	12°5	10°5
La Hève	14°5	13°8	12°4
Rouen	12°6	12°6	11°4

La baisse de température est plus importante dans les stations côtières que dans celles de l'intérieur. Le marais barométrique chaud est, dans l'ensemble, peu nébuleux. Le rayonnement nocturne est donc très important dans les stations de l'intérieur. Les deux autres cas sont plus nébuleux. La nébulosité freine alors la déperdition de chaleur.

Les abats sont plus fréquents que par marais barométrique chaud : présence en altitude d'une vallée ou d'une goutte d'air froid qui favorise l'instabilité de l'air.

Pourcentage des jours pluvieux

Cherbourg	32 %
Pointe du Roc	52 %
Caen	46 %
Alençon	44 %
La Hève	40 %
Rouen	52 %

La fréquence des précipitations est assez constante d'une station à l'autre. Cherbourg reste, malgré tout, la station la moins pluvieuse. L'intensité des pluies est très variable d'une station à l'autre :

Pourcentage des pluies égales ou supérieures à 5 millimètres par rapport au nombre de jours de précipitations

Cherbourg	25 %
Pointe du Roc	38 %
Caen	64 %
Alençon	27 %
La Hève	50 %
Rouen	46 %

Nous relevons à Caen les plus fortes pluies : 23 mm en 24 heures ; 36 % des précipitations sont égales ou supérieures à 10 mm.

Nous avons choisi un exemple au début de l'automne : les 7 et 8 Septembre 1952 (R p. 354 à 358) : un anticyclone s'étend de Madère à l'Islande ; il bloque toute circulation venant d'Ouest. Sur la Manche, le 7 Septembre à 18 heures (Voir carte R p. 354), est établie une dépression très peu

creusée (1012 millibars) qui correspond à une dépression en altitude à l'extrémité d'une coulée froide (-25°) de Nord-Est. Cette dépression n'apparaît pas sur la carte à 18 heures. La Normandie occupe la position V4 de la dépression (R p. 204), position assez propice aux précipitations. Le 8, la coulée froide se renforce : une goutte froide de -30° accompagnée d'une dépression à 348 dam (carte R n. 356) coiffe la Normandie. L'influence de cette goutte froide est déterminante pour expliquer les précipitations plus importantes dans la nuit du 8 Septembre que dans celle du 7.

Le sondage du 8 Septembre à l'est montre d'abord une inversion de température, puis un refroidissement important de la masse d'air qui s'accompagne d'une augmentation d'humidité avec l'altitude. Le gradient de l'air froid est très fort, il favorise évidemment l'instabilité. La température de convection (T_c) est à peu près équivalente à la température qui sera atteinte lors de la disparition de l'inversion nocturne. Les risques de pluie sont donc importants.

L'air venant du Nord explique les températures assez basses pour la saison, d'autant plus qu'en altitude l'air est très froid. La Normandie, dans la soirée, sera intégrée à la zone d'action de l'anticyclone atlantique.

2- En hiver

Ils sont très rares. En effet, la stagnation des masses d'air dans un anticyclone, en hiver, renforce les pressions ; le gradient barométrique est, d'autre part, trop important pour qu'une vallée en altitude favorise la formation d'un marais.

Preñons un exemple : le 16 Février 1956, la situation est celle décrite par P. PEDELABORDE dans Le Climat du Bassin parisien, p. 236 : un col de basses pressions sépare deux anticyclones, l'un sur le Proche Océan, l'autre sur la Scandinavie et l'Europe orientale. En altitude, une coulée froide s'étend sur l'Europe centrale.

La stagnation de la masse d'air, au contact du sol très froid, explique les températures relativement basses, surtout la nuit. Seules, les régions côtières n'ont pas de gelées. Les précipitations tombent sous forme de neige, mais elles sont très faibles : l'air est stable car il est refroidi à sa base.

Le marais barométrique est donc un temps assez typique de la saison chaude, de Mai à Octobre. Il résulte essentiellement de l'affaiblissement des hautes pressions anticycloniques sous l'influence :

- de fortes chaleurs,
- de coulées froides en altitude, qui favorisent l'instabilité, et par conséquent une baisse de pression,
- d'un col entre deux zones de hautes pressions.

Les températures dépendent essentiellement de la situation en altitude. Les précipitations deviennent très irrégulières dans l'espace et le temps si la Normandie est recouverte d'air chaud.

*

* * *

II- LE BLOCAGE DES PERTURBATIONS *****

En Normandie, ce phénomène de blocage a beaucoup d'importance et il présente toujours les mêmes caractères essentiels. Un anticyclone au sol ou une dorsale en altitude (la plus fréquemment les deux réunis) sont installés sur l'Europe occidentale (carte R p. 359-363) ; une perturbation suit une trajectoire qui lui fait heurter ces hautes pressions. Le 7 Mars 1952, une perturbation devrait gagner la Scandinavie, mais elle est bloquée par l'anticyclone centré sur la Russie.

Ce blocage provoque les mécanismes suivants :

1°- Une ascendance assez brutale de l'air chaud coincé entre les masses d'air froid postérieur et antérieur ; l'occlusion se développe très rapidement, et le 9 Mars l'occlusion seule subsiste sur la Normandie. Cette ascendance de l'air est d'autant plus brutale que la trajectoire des perturbations est perpendiculaire à l'anticyclone. Le 7 Mars, au contraire, l'angle est assez faible et les pluies sont moins importantes.

2°- La trajectoire des perturbations, suivant les isobares, est déviée dans un sens cyclonique, ce qui accroît l'ascendance de l'air et favorise les précipitations. Ceci explique la direction de la masse d'air à peu près toujours de Sud-Ouest en Normandie.

3°- Les perturbations (et le plus souvent les occlusions) viennent toutes s'accumuler le long de la zone de hautes pressions. Le 9 Mars existent le front qui sépare la masse

d'air continental de la masse d'air maritime, l'occlusion, reste de la perturbation 13 c, l'occlusion 14 a. Ces fronts sont le plus souvent parallèles aux isobares en raison du blocage et stationnent assez longtemps sur la Normandie, cause supplémentaire de pluie.

4°- En altitude, la circulation est souvent rapide au-dessus de la Normandie, à la limite des hautes et basses pressions.

Le temps du 9 Mars représente un type de blocage moyennement dynamique : les perturbations ne heurtent pas de front l'anticyclone, la circulation en altitude n'est pas très rapide. C'est la stagnation de l'occlusion qui est responsable du maximum des précipitations. D'autre part, le sondage de Brest du 9 Mars 1952 montre l'humidité de la masse d'air : l'air est saturé sur plus de deux kilomètres. Jusqu'à 5 kilomètres au moins, même dans la masse d'air chaud, l'humidité relative est égale ou supérieure à 88 %. Le phénomène de compression par la masse issue de l'anticyclone bloqueur provoque l'ascendance de l'air extrêmement humide et les fortes pluies. Remarquons au passage que la courbe d'état jusqu'à 3 kilomètres d'altitude se confond avec l'adiabatique saturée : situation d'instabilité absolue. Cette nuit-là, 12 millimètres de pluie sont tombés à Brest. La situation est à peu près semblable à Cherbourg et à la Pointe du Roc, un peu plus tardivement ; mais plus on va vers l'Est, plus l'intensité du phénomène diminue (air plus chaud en altitude, diminution de la vitesse du courant).

Les températures sont assez élevées, surtout les températures minima, en raison de la très forte nébulosité : air maritime de Sud-Ouest.

Ces types de temps peuvent présenter quelques légers changements en fonction du type de blocage, du dynamisme et de la trajectoire de la perturbation, et de la saison.

A)- LE TYPE DE BLOCAGE

Généralement, l'anticyclone qui empêche la progression des perturbations est une dorsale Nord-Sud comme du 7 au 9 Mars 1952,

- ou Sud-Ouest - Nord-Ouest : les cas de blocage sont moins fréquents et moins actifs car les dépressions glissent alors le long de la perturbation,

- ou une dorsale Sud-Est - Nord-Ouest : ces cas sont les plus arrosés car la courbure cyclonique des isobares est très accusée, et les fronts séjournent longtemps sur la Normandie (cartes du 24 Mai 1969, R p. 365-366).

Le plus souvent, l'anticyclone au sol est surmonté d'une dorsale chaude en altitude, mais il peut y avoir un léger décalage entre les deux, comme le 24 Mai 1969. En hiver, un anticyclone peut empêcher la progression des masses d'air et l'absence d'obstacle en altitude est compensée souvent par l'avancée de la masse d'air froid vers l'Ouest. La rencontre de la masse d'air maritime et de la masse d'air continental, toutes deux fort dynamiques, constitue aussi un blocage actif.

Une simple dorsale chaude en altitude suffit pour gêner la progression des masses d'air et entraîner ce mouvement cyclonique si typique.

Un cas un peu particulier consiste dans le blocage d'une perturbation entre deux anticyclones : le 30 Décembre 1953 (R p. 367-69), deux perturbations 60 a et 61 b se logent entre un anticyclone thermique centré sur la Scandinavie et un anticyclone thermique A4 au Sud de l'Islande. La Normandie n'est atteinte que par l'extrémité des fronts de ces perturbations. Mais progressivement l'anticyclone A4 se renforce, chasse vers le Sud l'anticyclone A1 d'air polaire maritime chaud qui représente le secteur chaud des deux perturbations. Les deux fronts froids se rapprochent très rapidement des deux fronts chauds, puis du front chaud (à 18 heures), bloqués sur la Normandie, et le lendemain à 6 heures, tout l'air chaud a été chassé en altitude où une occlusion subsiste seule.

Ce cas est intéressant pour de multiples raisons :

1°- Il montre l'influence du blocage sur les précipitations. En effet, le 30, malgré la proximité des deux fronts chauds, la pluie a été pratiquement inexistante : quelques traces dues à une petite bruine. La trajectoire des perturbations est beaucoup trop éloignée de la Normandie pour qu'il pleuve. Mais dans la nuit du 30 au 31, le phénomène de tenaille a provoqué une ascendance si brutale de l'air chaud que les précipitations sont devenues très importantes à proximité de l'occlusion : 11 millimètres à Cherbourg.

2°- C'est un exemple assez rare de blocage où l'air

vient du Nord. D'ordinaire, la Normandie est située dans la partie Ouest de la dorsale et reçoit de préférence un air venant de secteur Sud. Là, au contraire, les masses d'air arrivent du Nord, ce qui explique les températures relativement basses pour ce type de temps.

3°- Il souligne les nuances régionales. Dans l'exemple de Mars 1952, le blocage se situe à l'Est de la Normandie et les différences entre les stations ne sont pas très importantes.

D'autres fois, l'anticyclone recule ou s'affaiblit sous l'influence de la perturbation ; les fortes pluies surviennent alors le premier ou le deuxième jour à Cherbourg et le troisième à Rouen. Mais dans ce cas, l'anticyclone très puissant bloque si fortement l'air maritime que la limite demeure toujours sur l'Ouest de la Normandie. Le phénomène, assez fréquent, correspond à une certaine limite terre-mer. Aussi une différence régionale très nette apparaît-elle : la pluviosité diminue d'Ouest en Est : il ne pleut pas du tout à Rouen (16 mm à Cherbourg en 24 heures). La température diminue également d'Ouest en Est. Cherbourg reçoit un air maritime, Rouen un air continental. Les précipitations les plus fortes coïncident avec les sites où le blocage est le plus important.

B)- LE DYNAMISME ET LA TRAJECTOIRE DE LA PERTURBATION

Lorsqu'une perturbation est très peu dynamique, il arrive quelquefois qu'elle disparaisse sur place sans donner aucune pluie, mais ce cas est assez rare.

Pour qu'un tel type de temps soit abondamment arrosé, la quantité d'air chaud refoulée en altitude doit être suffisante. Cela existe lorsque la trajectoire de Sud-Ouest passe au niveau de la Bretagne occidentale ou du Proche Océan ou par type d'Ouest voie 2. Lorsque la trajectoire est plus proche de la Normandie, le secteur chaud n'est plus assez large. Un sondage effectué en hiver par temps d'Ouest montre très clairement la différence de pluviosité selon la trajectoire lorsque la perturbation se trouve bloquée.

Pluviosité par type de temps d'Ouest (blocage)
selon la trajectoire de 1958 à 1966 en hiver

	<u>Rouen</u>	<u>La Hève</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>Cherbourg- Chantereyne</u>
Voie 1	0,6 mm	0,8	0,5	0,5	1,4
Voie 2	3,4	3,3	2,4	3,1	7,3
Voie 4 N	3,3	2,3	1,2	3,2	3,8
Voie 4 S	1,3	1,2	1,6	2,7	2,8

Pour les stations les plus méridionales, la pluviosité moyenne est à peu près semblable pour les perturbations qui suivent la voie 2 et la voie 4 Nord.

La voie 4 Sud qui traverse la Normandie n'est pas favorable aux précipitations car le secteur chaud est trop étroit et les possibilités d'ascendance de l'air humide sont donc réduites.

L'effet de tenaille ne joue guère, par contre, pour les perturbations qui suivent la voie 1, sauf cas exceptionnel comme celui du 30 Décembre 1963.

Bien entendu, plus la trajectoire est septentrionale, plus l'air chaud est important et la moyenne des températures

res est plus élevée. Mais celle-ci n'est pas très éloignée de la température moyenne de l'hiver : l'air chaud est rejeté en altitude et l'air froid, seul, subsiste peu à peu au niveau du sol.

Température moyenne pour tous les cas de blocage
des perturbations d'Ouest de 1951 à 1966 à Cherbourg

	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>	<u>Nombre de cas</u>
Voie 1	4°6	9°7	17
Voie 2	5°2	9°8	18
Voie 4 N	2°6	8°	7
Voie 4 S	2°2	6°2	25

La voie 4 est beaucoup plus froide car, seules, les occlusions atteignant la Normandie. Pour les voies 1 ou 2, une partie du secteur chaud stationne sur notre région.

C)- LES DIFFÉRENCES SAISONNIÈRES

Les temps de blocage surviennent en toutes saisons et sont pluvieux.

1- En été :

La température est assez voisine de celle des marais barométriques.

Le temps par type de blocage en été (sondage sur 66 cas)

	<u>Cherbourg</u>	<u>Pointe du Roc</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen- Rouvray</u>
Moyenne des Tx	19°	20°7	22°1	22°5	20°7	23°5
Médiane	19°	20°	21°	21°	20°	22°5
Mode	19°	18-19°	20-21°	21°	18°	22°

	<u>Cherbourg</u>	<u>Pointe du Roc</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen- Rouvray</u>
<u>Pourcentage de jours où la température est égale ou supérieure à :</u>						
20°	36 %	47 %	67 %	74 %	52 %	86 %
25°	5 %	14 %	24 %	30 %	20 %	33 %
Moyenne des Tn	13°8	14°7	12°2	12°1	14°	12°5
Médiane	14°	15°	13°	12°	14°	13°
Mode	15°	14-25°	11°	11-14°	15°	12°
Pourcentage des jours de pluie	45 %	38 %	52 %	48 %	47 %	45 %
Pourcentage des jours où la pluviosité est égale ou supérieure à (par rapport aux jours pluvieux) :						
5 mm	57 %	52 %	62 %	53 %	49 %	50 %
10 mm	33 %	20 %	35 %	28 %	16 %	23 %
Quantité moyenne de pluie						
par jour	4,3 mm	2,4	4 mm	3,6	3,1	3,3
par jour de pluie	7,5	6,3	7,7	7,5	6,6	7

Dans le type de marais barométrique, Alençon était dans l'ensemble la station la plus chaude, suivie de près par Rouen. Dans ce cas, au contraire, Rouen est nettement plus chaude. Si l'on compare les moyennes avec la normale 31-60, on constate les mêmes températures pour Cherbourg et Alençon :

- + 1° à Caen
- + 1°2 à La Hève et à Rouen.

L'Est de la Normandie est donc plus chaud, comparé à la partie Ouest. Le fait est naturel : l'air maritime vient de l'Ouest ou du Sud-Ouest et ne repousse que très progressivement l'air plus continental vers l'Est.

Dans l'ensemble, le mode est inférieur à la moyenne ou à la médiane car des températures assez élevées existent souvent avant la pénétration des masses d'air maritime.

Les minima sont plus élevés, d'un degré en moyenne, que la normale : la nébulosité est forte. Remarquons que le mode est plus élevé que la moyenne dans les stations côtières.

Il pleut à peu près un jour sur deux, le plus souvent le premier jour à Cherbourg et le second à Rouen. Les pluies fortes représentent un cas sur deux et un jour de pluie sur trois à Cherbourg ; les précipitations atteignent 12 millimètres, ce qui est énorme.

Si l'on met à part la Pointe du Roc, station très peu pluvieuse, les précipitations diminuent de l'Ouest vers l'Est par rapport à la totalité des jours de blocage. Par contre, la quantité d'eau qui s'abat, les jours de pluie, est à peu près semblable.

En été, toute la Normandie est à peu près également intéressée par le phénomène de blocage ; c'est à peine si l'Est de la Normandie est légèrement plus chaud et moins pluvieux.

2- En hiver :

En hiver, les températures sont assez proches de la normale.

Le temps par type de blocage en hiver (sondage sur 61 cas)

	<u>Cherbourg- Chanterayne</u>	<u>Pointe du Roc</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen- Rouvray</u>
Moyenne des Tx	8°7	7°9	7°9	6°8	6°7	6°6
Médiane	9°	8°	8°	7°	8°	5°
Mode	11°	10°	8°	7°	9°	8-9°

Pourcentage des jours où la température est
égale ou supérieure à :

10°	44 %	31 %	33 %	28 %	21 %	28 %
Moyenne des Tn	5°2	4°5	2°6	2°	3°2	1°5
Médiane	6°	5°	3°	3°	4°	1°
Mode	6°	5°	3°	2°	1°	1°

Pourcentage des jours
où la température est
égale ou inférieure
à 0°

5 %	10 %	30 %	36 %	20 %	39 %
-----	------	------	------	------	------

Pourcentage des
jours pluvieux

70 %	59 %	45 %	54 %	46 %	43 %
------	------	------	------	------	------

Pourcentage des jours où la pluviosité
est égale ou supérieure à (par rapport
aux jours pluvieux)

5 mm	52 %	53 %	59 %	48 %	57 %	54 %
10 mm	31 %	17 %	19 %	18 %	18 %	19 %

Quantité moyenne de pluie :

par jour	5,3	3,8	2,9	3,3	2,7	2,3
par jour pluvieux	7,5	6,3	6,5	5,9	5,8	5,3

Les maxima sont assez voisins des maxima moyens ;
les minima sont plus élevés.

La lecture de ce tableau montre un phénomène important,
à peine esquissé en été : le blocage est suffisamment effi-
cace pour que la partie Est de la Normandie ne soit pas
atteinte par les masses d'air maritime dans de nombreux cas.
Les éléments qui le soulignent sont nombreux :

1°- Les moyennes des maxima sont légèrement supérieures à la normale 31-60 à Cherbourg, à Caen, inférieures à La Hève et Rouen.

2°- Les minima sont plus bas à Rouen qu'à Alençon (la normale est légèrement inférieure à Alençon).

3°- Dans les stations les plus occidentales, le mode et la médiane sont supérieurs à la moyenne : le cas le plus fréquent est donc l'existence de masses d'air maritime. A Rouen, c'est le contraire. A La Hève, le phénomène est encore plus curieux. La Hève est normalement une station plus chaude que Caen et la médiane de 4° est donc valable. Mais comment expliquer le mode de 1° inférieur à celui de Caen et même d'Alençon ? Il représente la température la plus fréquente des masses d'air continentales froides. Il y a 9 jours où la température minimum est de 1° ; il y a 8 jours où elle est de 5°, correspondant alors aux masses d'air maritime. Les masses d'air maritime n'arrivent qu'un jour sur deux à La Hève.

4°- Le pourcentage des jours pluvieux diminue de l'Ouest vers l'Est, et par suite, la quantité moyenne de pluie. Le blocage est donc plus actif à l'Ouest qu'à l'Est de la Normandie : même les jours pluvieux sont moins arrosés à l'Est.

En hiver, les anticyclones thermiques froids forment une barrière, au niveau même de la Normandie, plus efficace que les anticyclones dynamiques d'été. En hiver, la masse d'air froid a tendance à avancer vers l'Ouest et ce n'est

qu'à proximité de l'Océan (voir ce que nous avons dit pour les anticyclones) que le froid cesse. Les masses d'air continental pénètrent donc facilement sur l'Ouest de la Normandie, mais arrivent plus difficilement à faire rétrograder l'air froid continental. Sauf dans l'Est de la Normandie, il pleut plus fréquemment en hiver qu'en été (le gradient barométrique est plus accusé, la différence des températures est plus grande).

En résumé, les situations de blocage en hiver donnent des températures moyennes, des pluies abondantes, mais la différence entre l'Ouest et l'Est de la Normandie est assez nette.

3- Au printemps et en automne :

Les températures peuvent être assimilées à celles des anticyclones : les variations sont importantes d'un cas à l'autre, d'une station à l'autre, au cours du printemps (à Alençon, les températures maxima s'étalent de 3 à 31°).

En automne, les temps chauds sont remplacés par des temps froids du 15 au 30 Octobre et les différences entre les stations sont minimales en moyenne, mais il peut exister le premier jour une différence importante (6-7°) qui disparaît lors de la pénétration de l'air maritime.

Les précipitations les plus faibles tombent au printemps.

Pourcentage des jours pluvieux
pour un sondage de 62 cas, au printemps.

Cherbourg	50 %
Pointe du Roc	44 %
Caen	44 %
Alençon	36 %
La Hève	32 %
Rouen	26 %

Le pourcentage des jours pluvieux est du même ordre qu'en été pour Cherbourg et La Pointe du Roc, mais on retrouve le même phénomène qu'en hiver. Le blocage est efficace et la pluviosité diminue de l'Ouest vers l'Est. Il semble qu'au printemps, le blocage le plus actif existe au contact terre-océan et il arrive que Cherbourg soit recouvert de nuages, mais ne reçoive pas de pluie.

D'autre part, la quantité moyenne des précipitations par jour de pluie est plus faible :

Cherbourg	5 mm
Pointe du Roc	4,2
Caen	5,6
Alençon	3,4
La Hève	4,3
Rouen	3,7

L'air maritime vient d'un océan froid ; le secteur chaud est moins actif, l'ascendance de l'air est moins importante.

D'autre part, l'air étant froid, est moins humide en valeur absolue ; enfin, le continent commence à devenir plus chaud que l'océan ; ceci diminue les risques de pluie.

L'automne est beaucoup plus arrosé.

Pourcentage des jours pluvieux en automne

Cherbourg	64 %
Pointe du Roc	50 %
Caen	48 %
Alençon	53 %
La Hève	52 %
Rouen	47 %

Le pourcentage des jours pluvieux est presque la moyenne entre celui de l'hiver et celui de l'été. Seule la station de Cherbourg est plus arrosée. Comme en été, il y a assez peu de différence entre les autres stations.

La quantité moyenne est assez proche de celle de ces deux saisons, mais Cherbourg est plus arrosée : 5 jours ont dépassé ou égalé 20 millimètres ; Caen, par contre, un peu moins arrosé. L'air maritime est chaud et humide.

CONCLUSION

Pour ces quatre saisons, nous avons choisi un nombre de cas à peu près identique : une soixantaine. Ce chiffre représente de quatre à dix ans selon les saisons, comptabilisés à partir de 1951. La durée du type de temps est très variable :

3,6 jours en moyenne en automne	
2,8	au printemps
2,4	en hiver
2,1	en été.

Le blocage est d'autant moins fréquent que la circulation zonale est importante au cours d'une saison.

Il est intéressant de comparer les temps différents créés par un marais barométrique ou un blocage sur l'ensemble de la Normandie. Les cartes portent sur une décade (10 jours exactement pour les précipitations, 10 à 11 jours pour les températures). Pourquoi ce choix ?

1°- Si les précipitations peuvent facilement être retrouvées jour par jour grâce au Bulletin pluviométrique mensuel, ce n'est pas toujours possible pour les températures. Il faut les relever sur les documents originaux qui sont parfois enfouis dans des archives inaccessibles. Par contre, les températures par décades sont données par le Bulletin climatologique de Haute-Normandie et le Résumé Mensuel du Temps dans la Région Ouest.

2°- L'analyse d'un type de temps sur 10 jours ou à la rigueur 9 jours si le dixième représente un type de temps qui a donné naissance au blocage ou au marais, c'est-à-dire un anticyclone, présente l'avantage d'éliminer, en grande partie, l'influence du temps précédent, de créer des conditions à peu près identiques sur l'ensemble de la Normandie. Un front à Cherbourg peut parfois n'atteindre Rouen qu'un ou deux jours plus tard. La comparaison est alors faussée si le nombre de jours choisis est faible. La température de Cherbourg représenterait alors celle du secteur chaud ; celle de Rouen serait influencée considérablement par la masse d'air froid antérieure. Dix jours représentent au contraire la succession complète de plusieurs types de temps identiques.

3°- Le choix d'une décade permet des comparaisons d'un type de temps à l'autre en ce qui concerne les précipitations.

Un problème se pose : trouver dix jours de type de temps semblable n'est pas facile. Si les moyennes commencent à partir de 1951, en raison des changements de grandes stations effectués à partir de 1966, le choix des types de temps est entrepris en sens inverse. Les stations sont plus nombreuses en Normandie, mieux équipées ; les résultats sont plus fiables en 1972 qu'en 1951.

Deux décades assez proches l'une de l'autre ont pu être sélectionnées pour comparer le temps issu d'un blocage et celui d'un marais barométrique :

la troisième décade de Mai 1969 pour le premier,
la deuxième décade de Juin 1970 pour le second.

Les deux cartes (R p. 370 et 371) de répartition de 10 jours de précipitations confirment les résultats trouvés : en cas de marais barométrique, il peut y avoir de très grosses différences entre deux stations proches l'une de l'autre :
Fontenai-les-Louvets a reçu 108 mm de pluie en 10 jours
Argentan 16 mm.

Une certaine similitude existe entre fortes précipitations et températures élevées du 11 au 20 Juin 1970 (R p. 372) : la moyenne des maxima est très élevée dans l'Orne : 24°1 à Longny-en-Perche.

Le 20, le maximum s'est élevé à 28°8 à Ri

le 12, 26°3 à Evreux.

Les maxima des stations côtières sont en revanche faibles :
14°9 à Fécamp,
15°6 à Barfleur,
15°5 à La Hague.

Le blocage ne favorise pas des températures aussi élevées (Carte R p. 373).

La comparaison des deux cartes souligne la différence. Notons quelques exemples :

	<u>Moyenne des Tx</u>	
	<u>Blocage</u>	<u>Marais</u>
	<u>3ème décade de Mai</u>	<u>2ème décade de Juin</u>
La Hève	15°4	18°5
Fécamp	14°3	16°3
Forges	17°1	20°3
Canappeville	17°9	20°6

L'écart atteint deux à trois degrés. Bien entendu, il existe un intervalle de vingt jours entre les deux décades, mais il est insuffisant pour expliquer les températures très différentes.

Dans le cas du marais, les maxima sont supérieurs à la moyenne :

Moyenne 61-70	Fécamp	16°6	- 0°3 (la seule station plus froide)
	La Hève	17°	+ 1°5
	Forges	18°2	+ 2°1
	Canappeville		+ 2°2

Les stations de l'intérieur sont plus chaudes. En effet, dans un marais barométrique, la stagnation de l'air favorise les différences de température qui existent d'un endroit à l'autre.

Dans les blocages, le vent souffle toujours (Sud-Ouest le plus souvent) ; il apporte la douceur de l'air maritime, dans le Nord Cotentin, à La Hève où les tempéra-

tures demeurent fraîches pour la saison. A Dieppe ou à Fécamp, le vent vient de terre et les températures sont plus élevées.

Les températures n'exercent aucun rôle sur les précipitations puisque la pluviosité diminue d'Ouest en Est. La différence est nette avec le marais barométrique.

Un anticyclone peut disparaître sur place lorsqu'il devient trop chaud (marais en été). Les perturbations peuvent le bousculer (blocage) ou le contourner. C'est ce que nous allons maintenant étudier.

*

* *

SECTION II

LES TEMPS PERTURBES CHAUDS

(TRAJECTOIRES LOINTAINES)

Ils sont engendrés par des perturbations dont la trajectoire contourne une dorsale anticyclonique ou longe un anticyclone s'étendant sur l'Europe occidentale.

Nous distinguerons trois trajectoires :

- de Sud-Ouest, océanique, passant au large de l'Irlande et de l'Ecosse ;
- d'Ouest, aux latitudes de l'Islande (voie I) ;
- de Nord-Ouest, allant de la Scandinavie à l'Europe orientale (voie 3 orientale) (Carte R p. 374).

De toute façon, la Normandie est couverte de hautes pressions, et elle est surtout atteinte par l'extrémité des fronts chauds, et plus rarement par les fronts froids de ces perturbations.

Le temps créé par ces perturbations ne varie pas beaucoup en fonction de la trajectoire.

I- LE CAS GÉNÉRAL

Le 18 Décembre 1966 est un excellent exemple d'Ouest voie I. Il souligne le passage progressif de Sud-Ouest à Ouest, puis à Nord-Ouest.

La perturbation 51 a est arrivée le 17 Décembre 1966 sur l'Irlande (8.Q.E. 6 h. T.U., R p. 375-380). Elle est le premier membre d'une famille de perturbations coupant

l'Atlantique en diagonale, du 30ème parallèle au Nord de l'Ecosse. Elle contourne l'anticyclone A2, puissant anticyclone dynamique (1035 millibars) au large du Portugal. Cet anticyclone dirige sur le Royaume-Uni et la France de l'Ouest un flux de Sud-Ouest devenant Ouest-Est à partir du dixième degré de longitude Ouest.

Le front chaud n'atteint même pas notre région. C'est seulement le 18 Décembre dans la journée que cette perturbation exerce une influence sur la Normandie. Ce jour-là, la trajectoire est devenue Ouest-Est et passe au sud de l'Islande. Le noyau de variation de pression est très creusé (R p. 379) : - 35 mb à 6 heures, - 50 à 18 heures. Mais cette baisse est à peine sensible dans notre région qui reste toujours sous l'influence de l'anticyclone A2. Les températures sont donc élevées pour la saison :

	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Cherbourg-Maupertus	8°	11°
Pointe du Roc	6°	10°
Caen-Carpiquet	7°	10°
Alençon	4°	9°
Rouen	8°	10°

Il n'avait pas plu pendant la nuit. Mais la Normandie est située dans le secteur chaud de la perturbation, et le ciel est couvert. Ceci explique les minima élevés. Dans la journée, il ne pleut guère : hautes pressions au sol, dorsale chaude en altitude. Les pluies sont directement provoquées par l'arrivée du front froid, souvent plus actif que le front chaud dans ce type de temps. Mais les précipitations restent faibles :

traces à Caen, Alençon et Rouen du 18 à 6 heures au 19 à 6 heures :

1 mm à Cherbourg

2 mm à La Hève et La Pointe du Roc.

Ces pluies sont donc insignifiantes, en raison des caractères suivants :

- hautes pressions au sol et en altitude,
- air chaud en altitude (il freine les phénomènes convectifs),
- centre de la perturbation très éloigné,
- queue de front froid, queue de front chaud dans la nuit du 18 au 19 (perturbation 51 b). Les fronts chaud et froid sont essentiellement des zones de liaison.

D'autre part, les différences de température entre les masses d'air restent faibles. Les minima de la nuit du 18 au 19 sont plus élevés que la veille, surtout dans le Sud de la Normandie, moins envahie par l'air froid :

Cherbourg	8°
Pointe du Roc	9°
Caen	9°
Alençon	9°
Rouen	7°

L'influence de l'air froid est donc très limitée.

Le 19, la perturbation 51 b se dirige vers la Mer Noire (trajectoire Nord-Ouest 3 E). La Normandie est à peine sensible à ce changement de direction : les isobares s'orientent simplement Nord-Ouest - Sud-Est sur notre région. La nouvelle perturbation 51 b, qui a suivi jusqu'à présent une trajectoire de Sud-Ouest, se dirige vers l'Est, mais elle

passera plus près de la France.

En résumé, ce type de temps est chaud, nuageux, avec un vent parfois fort. Les pluies sont insignifiantes et touchent surtout les stations côtières.

Ce type de temps est assez simple. Les variations s'expliquent par les raisons évoquées dans la deuxième partie :

- direction des isobares,
- influence de la pression au sol et en altitude,
- " de la rapidité du flux d'altitude au-dessus de la Normandie,
- influence de la stagnation de la zone de liaison sur la Normandie.

II- LES INFLUENCES SAISONNIÈRES *****

Les caractères décrits plus haut subsistent pratiquement tous au cours des diverses saisons et des diverses trajectoires. Seules, les températures peuvent présenter quelques nuances.

A)- FAIBLE VARIATION DE LA PLUVIOSITÉ

Les nuances de temps créées par la variation des trajectoires concernent plus les températures que les précipitations.

En été

Tranches de précipitations par jour

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	0	0,3	0,2	-- 0,2 mm
Pointe-du-Roc	0,1	-	0,1	0,1
Caen	-	0,1	0,1	0
Alençon	-	0	-	0
La Hève	0,1	0,1	0,2	0,2
Rouen	0	0	0,3	0,1

Les quantités de pluie sont très faibles et la fréquence des jours pluvieux est plus significative que la tranche.

Fréquence des jours pluvieux

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	4 %	10 %	14 %	10,3 %
Pointe-du-Roc	4 %	0	10	3 %
Caen	0	3	10	3
Alençon	0	3	0	1
La Hève	4	7	10	6
Rouen	4	3	14	4

En hiver

Les quantités et les fréquences sont légèrement plus élevées.

Tranches des précipitations par jour

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	0,3	0,9	0,4	0,6 mm
Pointe-du-Roc	0,1	0,6	0,2	0,3
Caen	-	0,3	0,2	0,2
Alençon	0,1	0,2	0,2	0,2
La Hève	0,1	0,6	0,2	0,3
Rouen	0	0,2	0,4	0,2

Fréquence des jours pluvieux

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Fréquence</u>
Cherbourg	22 %	27 %	20 %	24 %
Points-du-Roc	11 %	27 %	16 %	18 %
Caen	0	17 %	16 %	11 %
Alençon	7 %	7 %	16 %	10 %
La Hève	14 %	27 %	20 %	17 %
Rouen	7 %	13 %	24 %	12 %

Les pluies d'automne et de printemps sont aussi exceptionnelles. Les raisons de cette faible pluviosité ont été expliquées au chapitre précédent.

Comme pour les types précédents, la faiblesse de l'été résulte des caractères suivants :

- faible gradient en été,
- situation en altitude (hautes pressions, températures élevées),
- océan frais, continent chaud.

Cette plus faible pluviosité de l'année existe tous jours quelle que soit la trajectoire.

Les différences d'une station à l'autre sont semblables au cours des saisons, mais varient selon les trajectoires.

1°- Sud-Ouest : trajectoire la moins pluvieuse, surtout en été.

L'air vient en effet du Sud, se refroidit à la base et devient relativement stable. De plus, la faible activité du front chaud en abordant la Normandie et la rareté des fronts froids en constituent la raison essentielle. Le passage de la perturbation correspond donc essentiellement

à un épisode nuageux, accompagné parfois de bruine.

Les stations les plus touchées sont les stations côtières les plus proches de la trajectoire, et les seules qui reçoivent un air marin.

2°- Ouest : trajectoire la plus arrosée.

La circulation zonale permet, en effet, le passage plus fréquent du front froid. D'autre part, les différences de température de part et d'autre du front peuvent être plus importantes. Le gradient barométrique est parfois fort, quand la dépression d'Islande se creuse et le centre de l'anticyclone se situe sur la France ou à proximité.

Les stations côtières sont les plus arrosées, surtout Cherbourg, pour les mêmes raisons que précédemment.

3°- Nord-Ouest : Cette voie est moins pluvieuse :

- Les fronts froids ne passent pas toujours.
- Le gradient barométrique, par contre, est fort variable suivant la saison. L'hiver, il est généralement faible. Sur l'Europe centrale et orientale, les pressions ne sont pas en effet assez basses en raison de la température. L'été, au contraire, l'instabilité de la masse d'air est renforcée par les fortes chaleurs continentales. En été, c'est donc la trajectoire qui provoque le plus de pluie à Alençon. En hiver, au contraire, il ne pleut pas.

Rouen est la station la plus arrosée, car la plus proche des basses pressions et du centre de la perturbation.

La proximité de la station par rapport à la trajectoire est donc déterminante.

Quelquefois, surtout en hiver, il pleut davantage. L'exemple du 3 Décembre 1955 en donne les raisons (R p. 381 à 385).

Le centre de la perturbation 44 a est très éloigné de la France. Le gradient barométrique au sol n'est pas important. La queue du front chaud a pourtant provoqué une bruine continue à Cherbourg : dans la journée, il est tombé 10 millimètres de pluie. Deux raisons expliquent cette plus forte pluviosité :

1)- Le gradient barométrique est assez important en altitude ; un courant zonal rapide circule au Nord du 50ème parallèle.

2)- La deuxième raison est déterminante : le front froid s'est déplacé parallèlement à lui-même, au-dessus de Cherbourg.

L'une ou l'autre raison se retrouve dans chaque cas de pluviosité importante.

B)- DIFFÉRENCES SAISONNIÈRES DE TEMPÉRATURE

Le chapitre précédent a souligné l'absence quasi générale de pluie quelle que soit la saison, quelle que soit la trajectoire. C'est pour cette raison que cette étude a été faite en premier, pour éviter les répétitions ultérieures.

Autre élément à peu près commun à tous ces types de temps : le vent faible, lié au gradient barométrique peu accusé, surtout à l'intérieur de la Normandie.

La température, par contre, constitue l'élément le plus variable.

1)- En hiver

Les sondages portent sur 83 cas qui se répartissent ainsi :

Sud-Ouest	28
Ouest	30
Nord-Ouest	25

Ce sont les mêmes qui ont été utilisés pour les précipitations.

	<u>Moyenne des maxima</u>			
	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	10°9	10°1	9°9	10°3
Pointe du Roc	9°5	8°3	8°8	8°9
Caen	10°8	8°8	9°	9°5
Alençon	8°9	6°7	7°6	7°7
La Hève	9°2	7°9	7°9	8°4
Rouen	9°8	7°9	8°4	8°8

Ces températures sont fort élevées pour l'hiver : un jour sur trois, à Alençon, deux jours sur trois à Cherbourg-Chantereyne, la température est égale ou supérieure à 10°.

	<u>Pourcentage des jours</u> <u>où la température est égale ou supérieure à 10°</u>			
	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	75	63	58	66
Pointe du Roc	54	43	38	45
Caen	68	40	54	54
Alençon	50	13	33	32
La Hève	46	27	26	33
Rouen	64	30	37	44

Pour l'ensemble de ces 83 cas, pour chaque station, sauf La Hève, le mode est plus élevé que la médiane.

	<u>Mode</u>	<u>Médiane</u>
Cherbourg	12°	10°
Pointe-du-Roc	10°	9°
Caen	10-11°	10°
Alençon	9-10°	8°
La Hève	8°	8°
Rouen	10°	9°

Ce type de temps se caractérise par un ensemble de douces journées, nuageuses, avec parfois du crachin, exceptionnellement une pluie un peu nourrie. Des journées plus froides apparaissent dans deux cas :

1)- L'air maritime ne pénètre pas toujours sur les stations les plus continentales.

2)- Le vent froid provoque une invasion d'air un peu plus frais ; mais ce cas est assez rare.

	<u>Moyenne des minima</u>			
	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	7°4	6°5	7°3	7°
Pointe-du-Roc	6°5	5°2	5°5	5°7
Caen	4°7	3°4	4°5	4°1
Alençon	2°8	2°3	2°7	2°6
La Hève	5°4	4°6	4°6	4°9
Rouen	3°5	3°2	3°5	3°4

Les minima sont assez élevées en raison de la nébulosité et de la masse d'air chaud. Le pourcentage des jours de gel est assez faible.

Pourcentage des jours de gel

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	4	7	6	5
Pointe-du-Roc	4	10	13	9
Caen	11	23	21	18
Alençon	29	37	25	31
La Hève	4	10	17	10
Rouen	25	30	25	27

Ce pourcentage ne correspond pas exactement à la réalité. Il est supérieur aux caractéristiques du type de temps. En effet, le type de temps est déterminé pour la période 18 h du soir à 18 heures le lendemain et les minima relevés pendant la nuit sont influencés par les types de temps du jour précédent. Une moyenne portant exclusivement sur les minima du deuxième jour ou des jours suivants, à Alençon, donnerait des résultats différents :

2 % de jours de gel (24 cas)
4°4 en moyenne au lieu de 2°7.

Ce type de temps provoque un réchauffement. Le mode est au-dessus de la moyenne des minima, pour cette raison. Les plus basses températures, liées au type de temps précédent, sont plus dispersées de ce fait, et le mode traduit mieux la réalité.

	<u>mode</u>	<u>médiane</u>
Cherbourg	8°	8°
Pointe-du-Roc	8°	8°
Caen	5°	5°
Alençon	4°	3°
La Hève	6°	6°
Rouen	4°	4°

La trajectoire entraîne quelques différences.

1°- La trajectoire de Sud-Ouest est la plus chaude.

Si l'on compare ces résultats avec ceux relevés pour les anticyclones centrés sur l'Europe centrale à flux de Sud ou de Sud-Ouest, les plus chauds en hiver, on constate assez peu de différences entre les maxima. Cherbourg a une température légèrement plus élevée ; par contre, les stations de l'intérieur sont un peu plus froides. L'air stagne souvent et se refroidit à la base.

Le 18 Décembre 1970 (R p. 384), Alençon est au centre de l'anticyclone A2 et ne reçoit guère l'air de Sud-Ouest. Son maximum de température n'atteint que 4° contre 8° à la Pointe du Roc ou 10° à Caen. Au contraire, dans l'anticyclone à flux de Sud-Ouest, toute la masse d'air vient du Sud-Ouest et non d'une partie littorale, comme dans cet exemple.

Par trajectoire de Sud-Ouest, il est très rare que le front froid pénètre sur le continent ; d'autre part, les masses d'air viennent de latitudes assez basses. C'est donc un air océanique très chaud.

2°- Les trajectoires d'Ouest sont souvent les plus froides.

En effet, on distingue deux types.

L'un correspond au cas précédent, mais à un moment différent, la perturbation a continué son chemin. De l'Ouest de la Bretagne, elle s'est dirigée vers le Nord de l'Ecosse et contourne la dorsale anticyclonique. Pour la Normandie, les résultats sont équivalents. Une moyenne effectuée sur 12 cas de ce type nous donne, à Cherbourg, 11°1 et 7°5,

chiffres semblables à ceux de la trajectoire de Sud-Ouest (18 Décembre 1966).

Le deuxième type est celui du 11 Février 1962 (R p. 384). La trajectoire est Ouest-Est depuis l'Est des Etats-Unis et l'air que dirige l'anticyclone A5 est nettement plus froid que dans le cas précédent. La partie occidentale des océans est en effet plus froide à nos latitudes que la partie Est qui borde l'Europe. D'autre part, dans ce cas, l'air froid est nettement plus froid car il arrive souvent du Groenland. Ce n'est pas le cas dans cet exemple (R p. 385).

Par type d'Ouest, les fronts froids passent souvent sur la Normandie, ce qui provoque un abaissement de la température.

3°- Curieusement, la trajectoire de Nord-Ouest est assez chaude et il y a moins de gelées à Rouen que par trajectoire de Sud-Ouest. Comment expliquer ce phénomène ? Le 4 Février 1971 donne une réponse (R p. 386). La perturbation 5 b a contourné l'anticyclone A7. Le 3, 5 b passait sur l'Islande ; le 4, elle est sur la Scandinavie où se trouvait 5 a 24 heures avant. C'est donc un air assez chaud qui se refroidit progressivement. Le maximum, le 4 à Londres, atteint 12°, Rouen 9°

La Pointe du Roc 10°.

L'arrivée de la perturbation sur l'Europe centrale a une conséquence importante. Elle coupe l'alimentation en air froid continental sur la Normandie. D'où différence notable des minima entre le 4 et le 3 Février.

•

	<u>4 Février</u>	<u>3 Février 1971</u>	<u>Différence</u>
Cherbourg	7	0	+ 7°
Pointe du Roc	6	0	+ 6°
Caen	7	- 3°	+10°
Alençon	3	- 5°	+ 8°
La Hève	7	0	+ 7°
Rouen	5	- 4°	+ 9°

La trajectoire de Nord-Ouest isole donc la Normandie de l'influence froide de la masse continentale, ce que ne fait pas une trajectoire d'Ouest.

2)- En été

Les différences sont plus importantes qu'en hiver, entre les stations d'une part, selon les diverses trajectoires d'autre part.

Moyenne des minima

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	14°1	13°6	13°6	13°8
Pointe du Roc	14°8	14°1	14°1	14°4
Caen	11°9	11°1	11°3	11°4
Alençon	11°4	10°2	10°2	10°6
La Hève	14°4	13°5	13°2	13°7
Rouen	12°7	11°5	11°5	11°9

Il y a assez peu d'écarts dans chaque station entre les trois trajectoires. L'air de Sud-Ouest est légèrement plus chaud.

Moyenne des maxima

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	20°4	18°8	18°6	19°3
Pointe du Roc	21°5	20°3	18°3	20°2
Caen	24°1	21°6	20°8	22°2
Alençon	25°3	23°6	22°5	23°8
La Hève	22°	18°9	17°9	19°6
Rouen	25°5	22°5	20°9	23°1

La moyenne est voisine de celles de l'anticyclone atlantique à flux d'Ouest ; les maxima sont, au plus, supérieurs de 0°5, les minima de 0°1 à 1°5. Les différences les plus importantes correspondent aux stations de l'intérieur moins nébuleuses par type de temps anticyclonique.

Par direction de Nord-Ouest, le type perturbé est moins chaud que le type anticyclonique, dans la journée (plus forte nébulosité).

La nébulosité est d'autant plus forte que la station est proche de la trajectoire. Par type de Sud-Ouest, l'écart entre Alençon et Rouen est faible. Rouen est plus chaud de 0°2. Par type de Nord-Ouest, Rouen est plus froid de 1°6.

Le pourcentage des maxima égaux ou supérieurs à 25° confirme ce phénomène. Le sondage, en été, porte sur 78 cas ainsi répartis :

Sud-Ouest	26
Ouest	31
Nord-Ouest	21

Pourcentage des maxima
supérieurs ou égaux à 25°

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	4 %	0 %	0 %	1 %
Pointe du Roc	15 %	3 %	0 %	6 %
Caen	42 %	10 %	14 %	22 %
Alençon	69 %	39 %	29 %	46 %
La Hève	20 %	3 %	0 %	8 %
Rouen	62 %	19 %	14 %	32 %

L'influence de la direction des isobares sur les températures apparaît de façon frappante. L'air de Nord-Ouest est le plus froid. Même Alençon, un jour sur quatre seule-

ment, a une température supérieure à 25°. Le rôle d'obstacle à la pénétration de l'air froid, constaté en hiver, avait seul expliqué cette particularité des trajectoires de Nord-Ouest.

3)- Au printemps

Les caractères sont assez semblables à ceux des anticyclones : le réchauffement dépend de la direction des isobares, et ici des trajectoires.

Par flux de Sud-Ouest, le réchauffement débute dès le 1er Mars, un peu plus tardivement dans les stations côtières de l'Ouest de la Normandie. Il n'y a plus de gelées.

Par trajectoire d'Ouest, le réchauffement est beaucoup plus tardif : vers le 15 Avril à l'intérieur, vers le 15 Mai sur la côte. On peut noter des gelées jusqu'à la fin Mars.

Par trajectoire de Nord-Ouest, les résultats sont analogues mais les températures du mois de Mai sont plus faibles, pour les mêmes raisons qu'en été.

4)- En automne

Comme au printemps, les minima sont plus élevés que par temps anticyclonique. Mais par trajectoire de Nord-Ouest et d'Ouest, il peut geler dès la deuxième semaine de Novembre à Alençon. Comme en anticyclones, le refroidissement survient dans la deuxième quinzaine d'Octobre, parfois dans la seconde semaine pour les temps créés par les trajectoires d'Ouest ou de Nord-Ouest. Comme en anticyclones, les différences entre les stations apparaissent très faibles.

CONCLUSION

En résumé, le temps de ces perturbations à trajectoires lointaines ressemble à celui d'un anticyclone chaud mais nébuleux avec, par moments, de la bruine. Ce sont des temps agréables. Mais le type de temps ne dure jamais assez longtemps pour que l'on puisse faire une carte portant sur 10 jours consécutifs comme dans les cas précédents.

*

* *

SECTION III

LES TEMPS PERTURBÉS CHAUDS

(TRAJECTOIRES PROCHES)

Les trajectoires sont parallèles à celles des temps précédents, mais plus proches de la Normandie :

- celle de Sud-Ouest, proche de la Bretagne, traverse l'Irlande et l'Ecosse ;
- celle d'Ouest (Voie II) passe en Ecosse ;
- la troisième trajectoire, de Nord-Ouest, oscille entre la Région parisienne et l'Allemagne (Carte R p. 387).

Les conséquences de cette position, plus proche de la Normandie, des trajectoires cycloniques, sont importantes et expliquent un certain nombre de différences avec les cas précédents :

1°- La Normandie peut être atteinte par les basses pressions au sol, ce qui favorise la pluviosité.

2°- Si notre région reste toujours dans la partie chaude par rapport au flux d'altitude, la bordure du courant rapide peut parfois arriver jusque là, ce qui accroît l'instabilité.

3°- Le point triple est plus proche et le phénomène de tenailles qui provoque l'expulsion plus ou moins violente de l'air chaud peut affecter la Normandie même. Ce dernier phénomène explique la plus ou moins grande pluviosité, comme nous allons le constater dans les exemples ci-dessous.

4°- Les fronts froids passent presque toujours sur la Normandie.

I- EXEMPLES DE TEMPS PERTURBES CHAUDS

A TRAJECTOIRES PROCHES

Les deux exemples du 3 Novembre 1970 et du 2 Octobre 1970 (R p. 388 à 398) ne sont pas très différents l'un de l'autre. Dans les deux cas, la Normandie reste en bordure d'une aire anticyclonique, mais le centre de l'anticyclone est sur l'Océan en Octobre et sur le continent en Novembre. La différence de position explique la différence d'origine des masses d'air : circulation zonale dans le premier cas, air de Sud-Ouest dans le second. Cette distinction avait déjà été faite au paragraphe précédent. Le deuxième jour, dans les deux cas, la trajectoire tend à venir de Nord-Ouest. Le gradient barométrique au sol est à peu près semblable. La situation en altitude est à peu près la même : hautes pressions, air chaud. Le courant passe au Nord de la Normandie.

Pourtant, il est tombé 20 mm de pluie en 24 heures en Novembre et 0 en Octobre.

15 millimètres sont tombés à Brest le 2 Novembre de 6 h. à 18 h. ; aucun front n'est passé sur la région, mais le front froid de la perturbation 48 i suivi du front chaud 48 j ondulent sur le Sud de l'Angleterre. D'autre part, l'évolution de ces deux perturbations est très rapide. Le 2 Novembre, à 18 heures, le secteur chaud de la perturbation 48 i est en cours de disparition. A peine naissante le 2 Novembre à 18 heures, la perturbation 48 j a rattrapé 48 i, et une grande occlusion s'est développée. Cette ascendance de l'air chaud, sous la poussée de l'air froid actif, explique l'importance des précipitations dans la zone la plus proche du front.

En Octobre, au contraire, la perturbation 44 b circule rapidement certes, mais elle n'évolue guère. Le secteur chaud est à peu près aussi développé le 2 à 6 heures, après son passage sur la Normandie, que la veille à 18 heures. Les pluies provoquées par le passage du front froid sont très faibles. Le passage du front dans ce cas a surtout été sensible par la présence de vents violents :

Front chaud : vent d'Ouest 72 km/h à La Hève
58 km/h à Rouen-Boos.

Front froid : vent d'Ouest - Nord-Ouest de 94 km/h à Rouen.

En Novembre également, le passage du front froid avait provoqué des vents forts :

Vent d'Ouest de 79 km/h à Rouen-Boos.

Dans les deux cas, des vents très violents soufflent dans la traîne :

104 km/h en Octobre,
85 km/h en Novembre à La Hève.

Les températures sont un peu plus élevées en Novembre, car l'air vient du Sud-Ouest.

<u>Octobre</u>	<u>Novembre</u>	
18°6	18°8	à Evreux
15°8	15°1	à Rouen

La température baisse dans la traîne :

15°4 15°6 à Evreux
14° 14°1 à Rouen

L'insolation est plus forte en Octobre dans la traîne que dans le secteur chaud :

75 au lieu de 28. C'est la masse d'air et non l'insolation qui détermine les températures. En Novembre, malgré les fortes pluies, la nébulosité importante, l'insolation très faible, les températures ont parfois dépassé 20° en Normandie. Le 2 Novembre : 20°1 à Alençon,
21°4 à Longny-au-Perche.

Les minima ont atteint dans les deux cas :

11 à 15° en Octobre,

9 à 13° en Novembre.

Ces températures douces sont liées à l'origine maritime de la masse d'air. En automne, en particulier, l'Océan est chaud. L'air vient souvent des latitudes méridionales, comme dans l'exemple de Novembre. En altitude, la Normandie est recouverte d'air chaud.

En résumé, nous avons là des exemples de temps chauds, nuageux, parfois éventés, parfois pluvieux, surtout dans la partie Nord de la Normandie. Signalons, du reste, que la traîne, le 3 Octobre 1970, pourrait être considérée comme type de Nord-Ouest sur la voie orientale N° 3, ce qui montre toute la complexité des types de temps.

II- LES VARIATIONS SAISONNIÈRES

Elles dépendent de la trajectoire.

1- En été

Les températures restent très supérieures à la moyenne, mais elles sont légèrement plus basses que dans les cas précédents, surtout aux stations de l'intérieur.

Moyenne des maxima de température

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	20°	18°	18°1	18°9
Pointe du Roc	20°4	18°7	17°7	19°3
Caen	22°2	20°3	19°3	21°
Alençon	23°1	20°9	20°5	21°8
La Hève	20°7	18°1	17°2	19°1
Rouen	23°4	20°6	20°2	21°6

Ces types de temps sont plus fréquents que les précédents : le sondage a été réalisé sur un plus grand nombre de cas :

Sud-Ouest	101
W2	98
Nord-Ouest	36
Total :	<u>235</u>

Comparons les temps créés par les trajectoires proches et ceux engendrés par les perturbations éloignées.

Les différences sont très faibles, à Cherbourg et à La Hève, entre ce type et le précédent, car les stations les plus au Nord sont proches de la mer, ce qui renforce l'influence des perturbations.

Par type de Sud-Ouest, dans le premier cas, La Hève était très éloignée de la zone perturbée et son type de temps s'apparentait plus à un anticyclone avec une assez forte insolation ; l'écart est important : $1^{\circ}3$.

Par type de Nord-Ouest, l'influence de la perturbation se faisait déjà fortement sentir, dans le cas précédent. Ceci explique les différences plus faibles : $0^{\circ}4$. A Cherbourg, au contraire, les écarts sont infimes. Il n'est guère possible de comparer la Pointe du Roc avec les autres stations. Rouen, en raison de sa position, offre les mêmes différences que La Hève. Alençon, par contre, à peu près également éloignée de toutes les trajectoires, présente des écarts importants, mais identiques quelle que soit la direction, dans le cas d'une perturbation éloignée ou d'une perturbation proche : $1^{\circ}7$ à $2^{\circ}7$.

Les écarts, dans une même station, entre chaque trajectoire, sont plus faibles que dans les temps précédemment étudiés : 3°5 au maximum au lieu de 4°6. On retrouve les mêmes nuances : la trajectoire de Sud-Ouest provoque les temps les plus chauds. Celle de Nord-Ouest est un peu plus froide que celle d'Ouest.

Sur l'ensemble des 235 cas, le mode et la médiane se répartissent ainsi :

Cherbourg	18 et 19°	2 %	seulement de températures supérieures ou égales à 24°
Pointe du Roc	21 et 19°	3 %	
Caen	20 et 21°	10 %	
Alençon	21 et 22°	11 %	
La Hève	19 et 18°	5 %	
Rouen	20 et 21°	16 %	

Alençon apparaît donc régulièrement plus chaud que Rouen, mais avec des maxima plus faibles (lorsque la trajectoire est de Sud-Ouest, Rouen est plus chaud et 30 % des températures sont supérieures ou égales à 25° contre 25 % à Alençon).

Les stations côtières ont rarement des températures élevées et les écarts sont moindres qu'à l'intérieur : écart-type 2°2 à Cherbourg et 3°5 à Rouen (maxima).

Moyenne des minima

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	14°6	13°3	13°6	13°9
Pointe du Roc	15°1	13°7	14°1	14°4
Caen	13°3	11°6	11°3	12°1
Alençon	13°2	11°2	11°3	11°9
La Hève	14°6	13°4	12°9	13°8
Rouen	13°6	12°	10°9	12°5

Les minima sont un peu plus élevés que dans les cas précédents, surtout pour les stations de l'intérieur (nébulosité). Le phénomène est surtout sensible par type de Sud-Ouest.

L'amplitude est donc plus faible lorsque la trajectoire est proche.

Les écarts-types pour les minima sont moindres que pour les maxima : 1°9 à Cherbourg
3° à Rouen.

Au total, en été, les températures sont moins contrastées lorsque la trajectoire est proche. La nébulosité en est responsable.

Forte nébulosité et précipitations deviennent plus importantes quand la trajectoire est plus proche.

Quantité des précipitations par jour en été

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	2,9	1,8	0,2	2 mm
Pointe du Roc	1,2	0,7	0,1	0,8
Caen	1,2	0,5	0,4	0,8
Alençon	1,5	0,5	0,4	0,9
La Hève	1,3	0,5	0,6	0,9
Rouen	1,5	0,8	1,3	1,1

Les pluies sont faibles dans l'ensemble, à l'exception de Cherbourg. La trajectoire de Sud-Ouest apporte le plus de pluie, quelle que soit la station :

- air chaud plus chargé d'humidité
- avant de la vallée d'altitude.

La trajectoire du Nord-Ouest provoque le plus de variations d'une partie à l'autre de la Normandie : les pluies sont plus fréquentes dans la partie Est, plus proche des

perturbations.

Fréquence des jours pluvieux

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	54 %	41 %	11 %	42 %
Pointe du Roc	31 %	24 %	3 %	23 %
Caen	35 %	20 %	25 %	27 %
Alençon	34 %	21 %	8 %	25 %
La Hève	32 %	22 %	17 %	25 %
Rouen	33 %	28 %	25 %	29 %

La position de Cherbourg à l'extrémité du Cotentin explique la fréquence des jours de pluie par trajectoire de Sud-Ouest ou d'Ouest. Partout ailleurs, les pourcentages sont assez voisins. Par trajectoire de Nord-Ouest, les pluies à l'Est de la Normandie et à Caen sont plus abondantes.

La quantité de pluie tombée par jour pluvieux est assez caractéristique :

Hauteur des précipitations par jour pluvieux

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	5,4	4,3	1,5	4,8 mm
Pointe du Roc	3,8	2,7	2	3,3
Caen	3,4	2,8	1,8	3
Alençon	4,3	2,8	4,3	3,6
La Hève	4	2,3	3,8	3,4
Rouen	4,4	2,8	5,3	3,9

La hauteur est beaucoup plus élevée à Cherbourg par trajectoire d'Ouest et de Sud-Ouest que dans les autres stations.

Dans les parties "continentales", l'instabilité liée à la chaleur favorise les mouvements d'ascendance et renforce la quantité des précipitations (Rouen et Alençon reçoivent

les plus fortes quantités de pluie, mis à part Cherbourg, plus proche du centre des perturbations d'Ouest ou de Sud-Ouest).

Dans la moitié Ouest, le type de Nord-Ouest ne donne que de faibles pluies alors qu'à Rouen il occupe le premier rang : 5,3 mm.

La trajectoire d'Ouest, assez éloignée de la Normandie, ne crée aucune différenciation générale (sauf pour le Cotentin).

En résumé, le temps est assez chaud, modérément pluvieux ; mais l'influence de la trajectoire des perturbations apparaît nettement comme facteur de différenciation régionale.

2- En hiver

La pluviosité est plus forte en hiver pour les mêmes raisons que celles indiquées précédemment (plus fort gradient barométrique, continent plus froid, air plus froid en altitude ...).

Hauteur des précipitations par jour

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	6,4	6,4	3,9	5,9
Pointe du Roc	2,1	1,9	1,4	2,4
Caen	2	2,5	3,2	2,4
Alençon	2,4	2,5	2,5	2,5
La Hève	1,9	2,3	2,8	2,2
Rouen	2,1	2,3	3,5	2,4

Pourcentage des jours pluvieux

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	80	88	55	78 %
Pointe du Roc	57	61	52	57
Caen	51	67	74	61
Alençon	57	60	67	60
La Hève	55	76	62	62
Rouen	58	72	71	65

Quantité des précipitations par jour pluvieux

Cherbourg	8	7,3	7,1	7,6
Pointe du Roc	3,6	3,2	2,6	3,3
Caen	3,9	3,7	4,4	3,9
Alençon	4,2	4,2	3,8	4,1
La Hève	3,5	3	4,5	3,5
Rouen	3,6	3,1	4,9	3,7

De grandes différences apparaissent en hiver, par rapport à l'été :

1°- Les précipitations sont beaucoup plus fréquentes. Ceci explique la différence de pluviosité entre les deux saisons lorsque la trajectoire vient de Sud-Ouest (le Cotentin excepté).

2°- La quantité des précipitations par jour pluvieux est plus importante par type d'Ouest (circulation rapide en altitude au-dessus de la région) et par type de Nord-Ouest sur l'Ouest de la Normandie : le gradient barométrique est plus fort en hiver, la circulation devient plus rapide et touche davantage l'ensemble de la Normandie.

3°- L'augmentation des précipitations est beaucoup plus forte sur la côte qu'à l'intérieur : l'air marin se refroidit brutalement sur le continent, en hiver, à la différence de

l'été où la présence de la mer refroidit les basses couches et favorise la stabilité près des côtes.

4°- L'influence de la position de la région par rapport à la trajectoire des précipitations apparaît plus nettement.

Les températures, en hiver, sont un peu plus élevées lorsque la trajectoire est proche. Le sondage porte sur 199 cas :

Sud-Ouest	98
Ouest	58
Nord-Ouest	42

Contrairement à ce qui se passe en été, les écarts-types sont moins importants pour les maxima que pour les minima (influence de la mer) :

	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Cherbourg	2°5	1°9
Rouen	3°8	2°7

Les écarts-types sont plus importants à l'intérieur de la Normandie que sur la côte.

Moyenne des minima en hiver selon la trajectoire

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	7°9	7°5	6°8	7°5
Pointe du Roc	6°9	6°5	5°9	6°6
Caen	5°9	5°1	4°	5°5
Alençon	4°9	4°7	3°3	4°6
La Hève	6°2	5°8	4°2	5°7
Rouen	5°1	4°8	2°8	4°5

Lorsque la trajectoire est plus proche de la Normandie, les températures deviennent plus semblables. L'explication

est simple. Lorsque la trajectoire de Sud-Ouest était éloignée, Rouen conservait beaucoup de caractères anticycloniques, faible nébulosité, minima assez bas. Dans le cas présent, la forte nébulosité entraîne le relèvement des températures.

Par contre, par temps de Nord-Ouest, les fronts froids traversent la Normandie. A des journées douces et ensoleillées (secteur chaud) succèdent alors des jours plus froids. A Rouen, par exemple, deux modes apparaissent nettement (type W2 - Total 58 cas)

6°	11 cas
2°	9 cas (2° : 5 cas ; 4° : 3 cas ; 5° : 6 cas).

On retrouve cette dualité à Caen et dans les autres stations, à l'exception de La Hève.

A Caen :	2° et 3°	17 cas
	4° et 5°	8 cas
	6° et 7°	14 cas

Par type de Nord-Ouest, les deux modes les plus représentés :

à Caen	7° et 1°
à Rouen	0 et 5° (comme à Alençon).

Par type de Sud-Ouest, le phénomène est moins net : l'air froid vient le plus souvent de Sud-Ouest. Au contraire, par type d'Ouest et de Nord-Ouest, l'air froid qui n'arrivait guère lorsque la trajectoire était lointaine, pénètre maintenant sur nos régions... Cet air vient du Groënland, d'Islande ou de Scandinavie, et il est relativement froid. Il est plus froid par trajectoire de Nord-Ouest que d'Ouest, d'où la différence des températures.

Malgré tout, les jours de gel sont très rares.

Pourcentage des jours de gel

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	1 %	0	2	1 %
Pointe du Roc	1	0	2	1
Caen	9	5	7	6
Alençon	15	12	26	17
La Hève	3	0	5	3
Rouen	11	9	31	15 %

Seules les stations de l'intérieur sont susceptibles de souffrir des gelées par ce type de temps.

Dans l'ensemble, les maxima sont légèrement plus élevés que dans les cas de trajectoire lointaine.

Moyenne des maxima

	<u>Sud-Ouest</u>	<u>Ouest</u>	<u>Nord-Ouest</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	11°2	10°9	9°5	11°
Pointe du Roc	10°2	9°9	8°8	9°8
Caen	11°	10°2	8°6	10°5
Alençon	10°9	9°5	8°	9°5
La Hève	9°6	9°1	7°6	9°
Rouen	10°7	10°1	7°9	9°9

Les différences entre les stations restent faibles. Les temps par trajectoire d'Ouest ou de sud-Ouest sont doux (air maritime frais et humide). Par trajectoire de Nord-Ouest, l'influence des coulées froides sur l'Europe centrale se fait désormais sentir jusqu'en Normandie (ces coulées froides se produisaient essentiellement sur l'Europe orientale lorsque la trajectoire était lointaine et n'avaient guère d'influence en Normandie, qui se trouvait au coeur de

l'air chaud). Il n'y a plus de stagnation de l'air chaud sur l'Europe occidentale. La Normandie est intégrée au courant général ; l'air chaud est, pour cette raison, plus chaud, de même que l'air froid devient plus froid.

3- Au printemps et en automne

Au printemps, les pluies sont peu fréquentes (sauf à Cherbourg) et beaucoup moins abondantes : il n'y a qu'à Cherbourg par trajectoire de Sud-Ouest et d'Ouest que la fréquence des pluies est supérieure à 50 %.

Le réchauffement est variable. Les températures commencent à être supérieures à 15°, dans deux cas :

1°- A partir de la deuxième quinzaine de Mars, par trajectoire de Sud-Ouest. Mais il faut atteindre le début Mai pour ne plus relever de maxima inférieurs à 15°. Au fur et à mesure du déroulement du printemps, les maxima des stations côtières deviennent inférieurs à ceux des stations de l'intérieur. Les minima varient entre 6 et 13° sur la côte et 3 à 11° à l'intérieur.

2°- Le réchauffement est plus tardif pour les trajectoires d'Ouest et de Nord-Ouest. Les températures ne deviennent supérieures à 15° qu'à la fin Mars pour les stations de l'intérieur et en Mai pour les stations côtières (début Mai pour la trajectoire d'Ouest, mi-Mai pour la trajectoire de Nord-Ouest). Les minima sont variables. Ils sont presque toujours inférieurs à 12°. Dans les stations de l'intérieur, on note des gelées peuvent se produire jusqu'à la fin Mars.

En automne, les pluies sont abondantes et fréquentes (l'air maritime chaud et humide arrive sur un continent qui commence à se refroidir). Les températures restent douces : les maxima ne deviennent inférieurs à 15° qu'en Novembre (deuxième quinzaine d'Octobre pour les trajectoires de Nord-Ouest) et rares sont les minima inférieurs à 10° dans les stations côtières, à 7° dans les stations de l'intérieur.

CONCLUSION

Les perturbations chaudes à trajectoire proche donnent donc en toutes saisons un temps doux, d'amplitude moyenne, voire médiocre. La nébulosité est assez élevée, le vent parfois violent, la pluviosité assez forte en hiver et en automne.

Au cours de l'année, les caractères régionaux ne changent guère :

- Le Cotentin est de beaucoup la région la plus arrosée.
 - Les côtes ont des températures plus régulières, une amplitude plus faible, des vents un peu plus violents (mais ce sont des phénomènes communs à tous les types).
 - Même à l'intérieur, les températures restent modérées, le gel assez rare, les températures supérieures ou égales à 25° peu fréquentes (11 % des maxima à Alençon, 16 % à Rouen, 10 % à Caen et exceptionnelles sur les côtes). Les pluies sont légèrement plus élevées en été.
 - La répartition de la pluviosité est avant tout dépendante de la proximité de la trajectoire de la perturbation.
- Il a été possible de trouver 10 jours consécutifs où existe ce type de circulation : du 1er au 10 Septembre

1970. La Normandie est d'abord surmontée en altitude par un flux lent d'Ouest - Nord-Ouest qui devient franchement zonal à partir du quatrième jour. Une coulée froide atteint le Proche Océan et provoque un accroissement du gradient à partir du 8. Des perturbations de Sud-Ouest plus actives interviennent.

Pendant ces dix jours, la moyenne des maxima est légèrement inférieure à la moyenne relevée pour les 199 cas, mais nous sommes au début Septembre et la différence ne dépasse pas 1°. La moyenne des minima est encore plus proche de cette moyenne (écart : 0°4 au plus). Les cartes ont été établies pour examiner les différences régionales et ne sont pas à comparer avec celles précédemment dessinées, car la période de l'année diffère. Pour souligner ce fait, nous avons adopté une légende différente.

La répartition des maxima (R p. 399) n'offre guère d'originalité. Les températures les plus élevées sont au Sud et secondairement à l'Est de la Normandie. Rappelons la double influence déjà signalée :

- la proximité de la mer, c'est-à-dire de la Manche, qui se confond en cette saison avec l'influence de la latitude ;

- la proximité de la masse océanique opposée à la masse continentale qui explique pourquoi Le Tréport est plus chaud que Granville.

Moyenne pour les 10 jours : 20°1 au Tréport,
19°2 à Granville.

La carte (R p. 400) souligne le faible éventail des minima. Les températures des stations côtières sont les plus élevées.

La carte des précipitations (R p. 401) peut être comparée avec les cartes précédemment établies. Aussi la légende est-elle la même. Cette carte traduit surtout l'influence des perturbations de Sud-Ouest, liées à un gradient barométrique relativement fort. La pluie du 9 Septembre a été supérieure à la totalité des précipitations des 9 autres jours. La pluviosité maximum ne touche pas la côte même. Le Cotentin et la partie centrale du département de la Manche, assez élevés dans l'ensemble, représentent les endroits les plus arrosés. A l'Est d'une ligne qui joint Alençon à la côte Est du Cotentin apparaît une bande moins pluvieuse, représentée par Caen dans nos six stations. Puis, au-delà de la Seine, la pluviosité augmente et l'Ouest du pays de Caux est assez arrosé.

Les différences de pluviosité entre les stations sont très inférieures à celles représentées dans les deux cartes du même type précédemment dressées. Une perturbation se fait sentir dans toute la Normandie.

Cette pluie tombe, dans l'ensemble, sous forme de bruine. Deux exemples : à Rouen, pendant les 10 jours, 14,2 mm en 21,8 h ; à Evreux, 8,9 mm en 22,7 h. Le 5, en 8,2 h à Rouen, seulement 1,4 mm. Nous sommes presque toujours dans le secteur chaud. Mais des orages isolés éclatent dans l'Eure.

L'insolation est courte : 3 jours sur 10 seulement, le soleil a brillé plus de 5 heures.

Les vents sont forts : 7 jours sur 10 à La Hève, 3 jours sur 10 à Rouen, on a noté une vitesse maximum instantanée supérieure à 15 m/s. Les vents les plus violents soufflent les jours où le gradient barométrique est le plus fort, c'est-à-dire les 8 et 9 : les vents de secteur Sud-Ouest ont des vitesses moyennes de 8 m/s et des vitesses instantanées variant de 26 m/s sur les côtes à 18 m/s dans l'intérieur.

Cet exemple ne montre qu'imparfaitement les différences régionales. Les stations étudiées ne reflètent pas entièrement tous les aspects du temps normand.

*

* *

SECTION IV

LES TEMPS PERTURBÉS PLUVIEUX

(TRAJECTOIRES AU-DESSUS DE LA NORMANDIE)

Les temps perturbés chauds étaient relativement simples. La Normandie recevait, certes, les fronts chauds et froids, mais le coeur même de la perturbation restait éloigné et son passage ne créait pas de phénomènes particuliers. Lorsque le centre même de la perturbation traverse la Normandie, des influences nouvelles apparaissent :

- aspect de la perturbation : position des fronts, de la traîne ...
- présence d'une dépression au-dessus de la région,
- influence de la situation en altitude.

L'action de ces éléments sera différente selon la direction des perturbations. Par exemple, une traîne de Nord-Ouest qui s'établit après le passage d'une perturbation de Sud-Ouest entraînera moins de pluie qu'après le passage d'une perturbation d'Ouest. Aussi allons-nous étudier séparément les perturbations selon leur trajectoire (Carte R p. 402) :

- trajectoire de Sud-Ouest,
- trajectoire d'Ouest vers 4 Nord : la perturbation traverse le Nord-Cotentin et l'Angleterre,
- trajectoire d'Ouest vers 4 Sud qui traverse la Normandie en son centre et qui crée des temps souvent complexes,
- trajectoire de Nord-Ouest où nous observons les temps les plus simples.

I- LES TEMPS DE SUD-OUEST

Ils sont doux et pluvieux. La très forte pluviosité est certainement le phénomène le plus caractéristique.

Quantité des précipitations par jour

	<u>Eté</u>	<u>Hiver</u>
Cherbourg	6,7 mm	10 mm
Pointe du Roc	4,7	5,9
Caen	6,4	5,4
Alençon	5,6	6,6
La Hève	5,1	4,9
Rouen	5,8	5

Le sondage porte sur 56 cas en hiver et 54 cas en été (de 1951 à l'été 1964). Par rapport aux cas précédents, on peut souligner :

- 1°- la très forte pluviosité,
- 2°- les précipitations peu différentes en été et en hiver (Cherbourg excepté),
- 3°- la faible différence de pluviosité, entre les stations, en été.

Pourcentage des jours pluvieux

	<u>Eté</u>	<u>Hiver</u>
Cherbourg	69 %	92 %
Pointe du Roc	68 %	77 %
Caen	76 %	72 %
Alençon	67 %	82 %
La Hève	69 %	75 %
Rouen	72 %	78 %

Quantité des précipitations par jour pluvieux

	<u>Eté</u>	<u>Hiver</u>
Cherbourg	9,8 mm	10,9
Pointe du Roc	6,9	7,8
Caen	8	7,6
Alençon	8,4	6,6
La Hève	7,5	6,5
Rouen	7,8	6,4

A l'exception de Caen, les jours de pluie sont moins nombreux en été qu'en hiver. En effet, en été, un certain nombre de perturbations suivent un flux assez lent, et sont de ce fait très peu actives ; le continent plus chaud que l'océan ne favorise pas les précipitations. Comment expliquer l'exception de Caen ? Nous avons déjà remarqué à diverses reprises que la station était assez sensible à certains phénomènes d'instabilité. Une perturbation qui passerait ailleurs sans donner de pluie crée ici une dépression locale qui favorise l'instabilité et engendre quelque pluie.

A l'exception des stations côtières occidentales, la quantité des précipitations par jour pluvieux est supérieure en été.

L'écart entre l'été et l'hiver est d'autant plus important que la station est plus continentale. On voit bien l'influence de la continentalité qui favorise l'échauffement, donc l'instabilité des basses couches, et renforce l'action des perturbations. La pluviosité augmente légèrement pour cette raison.

L'étude ultérieure des divers types de perturbations permettra d'expliquer ces fortes pluies.

Les températures sont douces en hiver comme en été, mais elles sont plus basses (tant pour les minima que pour les maxima) que dans les temps perturbés précédemment étudiés.

<u>Maxima</u>			
	<u>Hiver</u>	<u>Eté</u>	<u>Pourcentage des températures supérieures ou égales à 25°</u>
Cherbourg	9°2	18°2	2 %
Pointe du Roc	8°8	18°6	2 %
Caen	8°8	20°1	9 %
Alençon	8°4	20°5	12 %
La Hève	7°9	19°7	6 %
Rouen	8°4	20°7	17 %

<u>Minima</u>			
	<u>Hiver</u>	<u>Pourcentage de jours de gel</u>	<u>Eté</u>
Cherbourg	5°9	2 %	13°6
Pointe du Roc	5°5	2 %	14°1
Caen	4°3	11 %	12°6
Alençon	3°9	16 %	12°9
Pointe du Roc	4°2	11 %	13°6
Rouen	3°7	16 %	13°4

1°- Par rapport au temps perturbé étudié au chapitre précédent, les températures sont, dans l'ensemble, plus basses. Quelques dixièmes de degrés sur les côtes, en été, pour les maxima, plus de 2° pour les températures en hiver. Ce fait s'explique simplement : comme on se trouve au centre

de la perturbation, le secteur chaud est réduit ; d'autre part, en altitude, surtout en hiver, la région est surmontée par de l'air froid.

2°- Il se produit une égalisation des températures entre les stations. Le centre de la perturbation correspond au flux rapide et, en altitude, la Normandie est souvent surmontée par un courant-jet. Cela explique l'importance des précipitations certes, mais également la vitesse de déplacement de l'air qui est moins influencé par les conditions locales et n'a pas le temps de se réchauffer ou de se refroidir.

L'air est doux, les gelées sont rares, car les perturbations viennent du Sud et sont formées de masses d'air maritime.

3°- La masse continentale joue davantage que la latitude comme nous avons pu le constater lors de l'étude des temps anticycloniques. En été, par exemple, La Hève est une station plus chaude que la Pointe du Roc, malgré l'altitude et la latitude ; de même, Rouen est très légèrement plus chaude qu'Alençon.

Les perturbations dont la trajectoire passe par la Normandie se manifestent assez rarement par la succession d'un front chaud, d'un secteur chaud, puis d'un front froid, avec un point double ou un point triple passant au large, comme on pourra le constater avec les perturbations à trajectoire d'Ouest ou de Nord-Ouest. Pourquoi ? Les trajectoires de Sud-Ouest sont en liaison avec une coulée froide sur le Proche Océan. Cette coulée froide provoque une remontée d'air chaud vers la Normandie. Cette remontée d'air

chaud s'accompagne d'une forte ascendance de l'air. Cela explique l'évolution rapide de la perturbation et la fréquence des points triples ou même des occlusions. Le plus souvent, le type de temps est fugace :

1°- Les perturbations peuvent circuler plus à l'Est et l'on tombe dans le cas étudié au chapitre suivant,

2°- ou le centre de la vallée passe sur la région et le temps de Sud-Ouest est remplacé par un temps d'Ouest ou de Nord-Ouest (la Normandie se trouve alors à l'arrière de la vallée).

Lorsque le courant rapide de Sud-Ouest se maintient sur notre région, le front devient parallèle aux isobares et des séries d'ondulations apparaissent au lieu d'un véritable passage de perturbations. Etudions, avec quelques cas précis, ces divers aspects des perturbations de Sud-Ouest.

A)- MAINTIEN DU COURANT RAPIDE D'ALTITUDE SUR LA REGION

Plusieurs types existent. Deux seront essentiellement étudiés :

1- Perturbations très évoluées.

Du 5 au 7 Février 1972 passent (R p. 403-408) deux perturbations sur notre région, la 9b et la 9c. Une grande coulée froide occupe l'Océan et sur sa bordure orientale circulent les perturbations. Le flux le plus rapide se situe au niveau de la Normandie. La perturbation 9b évolue rapidement ; l'occlusion inexistante le 5 Février à 6 heures se développe rapidement, et le secteur chaud a déjà presque complètement disparu à 18 heures. Pendant la nuit, seule

l'occlusion traverse la Normandie ; il n'y a plus de secteur chaud. Dans la nuit et pendant la journée du 6 Février, il ne pleut que sur le Cotentin et une grande partie du département de la Manche :

13 mm en 24 heures à Cherbourg,

2 mm à la Pointe du Roc.

Partout ailleurs, le passage de l'occlusion et de la traîne se marque simplement par une assez forte nébulosité. Le 6, l'insolation est médiocre :

0,3 heure à Rouen

2 heures à Evreux.

Les températures sont douces, surtout dans la partie orientale :

températures minima 3 à 6°

températures maxima 10 à 14°

à Rouen-Boos 4°9 et 12°3

Evreux-Huest 5°4 et 13°1

Buchy 13°8

La partie occidentale de la Normandie est plus fraîche dans la journée : 10° (le maximum se produit à Barfleur : 11°2).

Les vents sont forts, de Sud ou de Sud - Sud-Ouest :

33 m/s à La Hève (119 km à l'heure)

20 m/s à Rouen-Boos

18 m/s à Evreux-Huest.

Cette journée est intéressante pour de nombreuses raisons :

1°- L'occlusion n'apporte pas de pluie, sauf dans l'Ouest de la Normandie où passe la dépression D8 qui a accompagné la perturbation. Or, ce type de dépression se situe toujours à proximité du point triple de la perturbation, donc par trajectoire de Sud-Ouest, dans la partie Ouest de la Normandie. En hiver, ce phénomène est encore

renforcé par la présence d'un blocage aux latitudes septentrionales, blocage assez fréquent en raison de la température de l'air. Il favorise un mouvement cyclonique au niveau du cinquantième parallèle. Ceci explique le pourcentage des jours pluvieux plus important à Cherbourg que dans les autres stations pendant l'hiver.

2°- La vallée froide d'altitude s'étend très largement au Sud. Ceci entraîne deux conséquences. La pluviosité est d'abord moindre au niveau de la Normandie. En effet, dans le chapitre sur l'influence de la situation en altitude, nous avons vu que la partie la plus arrosée était l'extrémité avant et non toute la partie avant.

Ensuite, comme l'air vient de régions très méridionales, il est très chaud malgré la faible insolation, malgré l'absence de secteur chaud. On comprend mieux pourquoi les températures sont plus basses à Cherbourg. La dépression D8 dirige sur la partie Ouest de la Normandie un flux plus maritime, plus frais. Ce phénomène, assez fréquent, accentue l'égalisation des températures entre les stations, égalisation due à la rapidité du flux.

Dans la nuit du 6 au 7 Février, la perturbation 9 c traverse à son tour la Normandie. Elle engendre beaucoup plus de pluie. Cette plus grande pluviosité est due au passage sur une bande étroite du front chaud, du point triple, du front froid. Le passage du point triple, au lieu de l'occlusion, entraîne l'abondance des précipitations:

8 mm à la Pointe du Roc,
11 à Caen,
17 à Alençon,
12 à La Hève,
13 à Rouen.

A Rouen, les précipitations commencent d'abord sous forme de bruine : 0,3 mm en 3,1 heures ; puis, à partir de minuit et demi, il est tombé 8 mm en 5 heures.

Pendant la nuit, il est tombé 13 mm à Auzebosc, 15 à Jumièges et à Pont-Audemer, 17 à Routot.

Les températures sont plus basses que la veille : la traîne est moins franchement de Sud-Ouest mais davantage d'Ouest. Cherbourg est moins arrosé (1 mm) et plus froid.

	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Cherbourg	5°	7°
Pointe du Roc	6	9
Caen	6	8
Alençon	7	9
La Hève	6	7
Rouen	7	9
Evreux	6	10

La forme de la perturbation explique ce phénomène qui inverse la répartition habituelle des températures en cette saison. Cherbourg et l'Ouest de la Normandie demeurent constamment dans la partie froide et restent à l'écart de la perturbation. L'Est, au contraire, est largement balayé par le secteur chaud. Le 7 au soir, le front ondule mais s'est déplacé vers l'Est, en liaison avec le courant rapide.

2- Ondulations d'un front

C'est un cas assez fréquent. Le plus souvent, une perturbation passe sur le Proche Océan et, le jour suivant, le front froid se déplace comme le 6 Octobre 1972 en suivant le courant rapide d'altitude. En altitude, la Normandie se place à l'avant de la coulée froide, là où les phénomènes d'ascendance sont importants (cartes R p. 409-410). L'ondu-

lation du front est telle que de petites perturbations se créent quand le point double traverse la Normandie. Les pluies sont donc importantes grâce à la conjonction de ces divers éléments :

- point double (qui passe sur la Bretagne et Cherbourg),
- front stationnaire sur la Normandie,
- avant de la vallée (position V5).

Les précipitations varient en moyenne de 5 à 16 mm, à quelques exceptions près (1 mm à La Pointe du Roc).

Cherbourg	16 mm
Caen	7 mm
Alençon	8
La Hève	7
Rouen	7

Les températures sont très douces la nuit, mais plutôt légèrement inférieures à la moyenne pour les maxima, surtout dans l'Est de la Normandie :

	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Cherbourg	10	15
Pointe du Roc	11	16
Caen	11	15
Alençon	12	14
La Hève	11	15
Rouen	12	13

Dans ce cas, les stations appartiennent toutes au secteur chaud, et dans l'après-midi du 6 Octobre, l'Ouest de la Normandie est en traîne ; l'insolation dure davantage que dans la partie Est, encore dans le secteur chaud.

B)- DÉPLACEMENT RAPIDE DU COURANT D'ALTITUDE VERS L'EST

1- Perturbations très évoluées

Le 17 Août 1960 (R p. 411-421), une perturbation à double étage aborde la Normandie en fin d'après-midi. L'étage interne devient progressivement indistinct ; par contre, le point triple est très actif : une dépression D'6 l'accompagne. Une occlusion rétrograde se développe rapidement. Toutes les conditions se réunissent pour que les pluies soient importantes :

1°- air chaud et humide de Sud-Ouest,

2°- évolution rapide de la perturbation,

3°- point triple au-dessus de la région, accompagné d'une dépression,

4°- stagnation de l'occlusion sur la région : la dépression se déplace vers l'Ouest et l'occlusion rétrograde demeure encore, la matinée du 18, sur la Normandie.

5° avant de la vallée froide (position V4 la plus arrosée).

Aussi, du 17 Août à 6 heures au 18 Août à 6 heures, il est tombé :

12 mm	à Cherbourg
13	à la Pointe du Roc
34	à Caen
12	à Alençon
27	à La Hève
18	à Rouen.

Avec le déplacement vers l'Est du flux, le secteur chaud n'atteint pas le Nord de la Normandie ; les températures sont donc plus basses ; dans la journée, la Normandie est progressivement recouverte par le centre de la coulée froide d'altitude :

	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Cherbourg	14	18
La Pointe du Roc	15	18
Caen	14	19
Alençon	15	20
La Hève	12	17
Rouen	14	18

A Caen, l'air est saturé, les cumulus ou les strato-fractus de mauvais temps sont à 100 m d'altitude et la pluie est continue. Le vent de Nord-Est (4 m/s) montre bien que Caen est au Nord du tourbillon alors qu'au Mans l'air est de Sud - Sud-Ouest.

Les vents sont, dans l'ensemble, moins forts que dans les cas précédents. Est-ce en raison du double déplacement : vers le Nord-Est (perturbation) et vers l'Est (glissement de la vallée d'altitude).

Nous reverrons un exemple analogue avec un temps de W4S.

2- Perturbations à traîne d'Ouest ou de Nord-Ouest

Une perturbation peut être suivie d'une traîne d'Ouest ou de Nord-Ouest en raison du déplacement de la vallée d'altitude. L'exemple choisi montre l'influence d'une perturbation à traîne d'Ouest qui sera suivie d'un temps de Nord-Ouest voie 5.

Pendant la nuit du 7 Décembre 1959 (R p. 416 à 419), une perturbation réduite à l'état d'occlusion traverse la Normandie, entraînant des pluies assez diverses. L'occlusion a provoqué des pluies importantes là où elle était surmontée par l'axe de la vallée d'altitude, c'est-à-dire dans la moitié Sud-Ouest de la Normandie. La traîne prend, de plus en plus, une direction d'Ouest avec le glissement de la vallée. Comme on se trouve au centre de la vallée, avec un gradient

barométrique faible, cette traîne est dans l'ensemble peu active, sauf à Cherbourg (gradient barométrique au sol assez fort sur le Royaume-Uni). La traîne provoque un abaissement notable des températures.

Maxima de température

	<u>Le 7 Décembre 1959</u>	<u>Le 8 Décembre</u>
Cherbourg	11	8
Pointe du Roc	11	7
Caen	11	8
Alençon	10	9
La Hève	11	9
Rouen	10	8

En résumé, la pluviosité de ce type de temps de Sud-Ouest est importante :

- avec le passage d'un point triple,
- avec la présence d'une dépression accompagnant la perturbation,
- si la Normandie est surmontée en altitude par l'extrémité avant d'une perturbation.

Elle est plus médiocre si la vallée s'étend vers des latitudes très méridionales (les températures sont alors plus élevées). Les jours de traîne d'Ouest ou de Nord-Ouest (si l'influence de la situation en altitude est faible), la baisse des températures sera alors notable, en cas de passage d'une simple occlusion.

De toute façon, les pluies sont très importantes en raison de la rapidité des perturbations.

Les exemples cités ont montré une assez grande variation des pluies le même jour ; mais, selon les cas, la

partie la plus arrosée de la Normandie varie, et la moyenne est assez constante, d'une station à l'autre.

Les mêmes remarques valent pour les températures. Les cas étudiés ne représentent que quelques exemples montrant la complexité de ce temps.

*

* *

II- LES TEMPS D'OUEST *****

Nous allons comparer les temps d'hiver et d'été des stations normandes engendrés par les trajectoires d'Ouest voie 4 Nord et voie 4 Sud pendant la même période que précédemment (1951-1964).

Le sondage porte sur :

83 cas voie 4 Nord et 56 cas voie 4 Sud en hiver
et 96 et 47 en été.

Moyenne des minima en hiver

	<u>W4N</u>	<u>% jours de gel</u>	<u>W4S</u>	<u>% jours de gel</u>
Cherbourg	6°4	0	5°6	0
Pointe du Roc	6°3	0	5°2	2
Caen	4°5	6	4°3	14
Alençon	4°1	13	3°9	16
La Hève	5°2	2	4°3	9
Rouen	4°	13	3°5	20

Moyenne des maxima en hiver

Cherbourg	10°	8°5
Pointe du Roc	9°6	8°5
Caen	9°7	8°1
Alençon	8°9	7°9
La Hève	8°7	7°1
Rouen	9°4	7°7

En hiver, les températures liées aux perturbations W4N sont intermédiaires entre celles de la voie 2 et celles de la voie W4S, ce qui est assez logique puisque la trajectoire voie 4 N se situe entre les deux autres.

Elles sont plus élevées que celles des perturbations de Sud-Ouest. Ceci est normal également : le point triple passant, dans une très forte proportion, au Nord de la Normandie, et le secteur chaud est plus développé que dans les perturbations de Sud-Ouest. Il serait assez logique de créer pour la voie W4N une classe intermédiaire, mais les précipitations sont du même ordre que dans le cas des trajectoires W4S, en Normandie.

Quantité des précipitations

	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>
Cherbourg	11,5	7,5
Pointe du Roc	4,7	5,7
Caen	5,2	5,7
Alençon	4,8	6,9
La Hève	4,4	4,6
Rouen	5	5,7

La comparaison entre ces deux séries de chiffres souligne l'importance de la trajectoire pour expliquer la quantité des précipitations. Une seule station est plus arrosée par W4N :

Cherbourg, la station située la plus au Nord. W4S donne des temps plus arrosés à mesure que l'on va vers le Sud :

La Hève	+ 0,2 mm
Caen	+ 0,5 mm
Rouen	+ 0,7 mm
Pointe du Roc	+ 1 mm
Alençon	+ 2,1 mm

Ces chiffres sont beaucoup plus proches les uns des autres que si on les comparait avec ceux relevés pour les trajectoires de W2. Le pourcentage des jours pluvieux confirme cette remarque.

Pourcentage des jours pluvieux

	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>
Cherbourg	93 %	91 %
Pointe du Roc	84 %	86 %
Caen	82 %	89 %
Alençon	84 %	86 %
La Hève	82 %	88 %
Rouen	80 %	84 %

Hauteur de précipitations par jour pluvieux

Pourcentage des pluies
égales ou supérieures à
5 mm

	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>
Cherbourg	12,4	8,4	79 %	74 %
Pointe du Roc	5,5	6,7	56 %	54 %
Caen	6,3	6,3	54 %	48 %
Alençon	5,7	8	64 %	69 %
La Hève	5,4	5,3	47 %	51 %
Rouen	6,3	6,7	53 %	66 %

En somme, quand il pleut à Cherbourg, à Caen et à La Hève, il pleut davantage par W4N. Lorsque nous avons étudié les facteurs de différenciation des perturbations,

nous avons constaté ce fait : au Sud du point triple, les précipitations sont le plus importantes. La remarque est valable pour le Nord de la Normandie par W4N et pour le Sud de la Normandie par W4S.

Sauf à l'Est de la Normandie, les très fortes pluies sont plus importantes par W4N, plus fréquemment associée à une coulée froide. Faut-il voir aussi dans ce phénomène une proximité plus grande de l'Océan, ou des influences locales ?

En été, l'éventail des températures est très faible.

Moyenne des minima en été

	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>
Cherbourg	13°3	13°3
Pointe du Roc	13°5	13°3
Caen	11°8	11°6
Alençon	11°5	11°7
La Hève	13°	12°6
Rouen	11°8	11°6

Moyenne des maxima en été

	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>
Cherbourg	17°6	17°7
Pointe du Roc	17°8	17°6
Caen	18°2	19°
Alençon	19°5	19°4
La Hève	17°3	17°3
Rouen	19°4	19°

On peut estimer que les températures sont à peu près identiques : 0°4 d'écart au maximum, c'est insignifiant.

Les températures égales ou supérieures à 25° deviennent inexistantes : 4 % au maximum à Alençon. Par rapport aux perturbations empruntant la voie 2, il y a un refroidissement

des maxima ; même les minima n'augmentent plus ou sont même plus bas : la part du secteur chaud diminue.

Les précipitations apparaissent nettement plus faibles qu'en hiver :

Hauteur des précipitations

	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>
Cherbourg	5,2 mm	3,8 mm
Pointe du Roc	2,8	3,2
Caen	2,2	4,2
Alençon	2,7	4,3
La Hève	2,6	3
Rouen	3,3	4

La quantité de précipitations varie de la même façon qu'en Hiver. Seule, la station de Cherbourg est plus arrosée par W4N. Mais pour la première fois, elle n'est plus la station la plus arrosée par trajectoire d'Ouest par type de W4S.

La fréquence des jours de pluie est, comme pour les autres types perturbés, plus faible en été.

Fréquence des jours pluvieux

	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>
Cherbourg	66 %	55 %
Pointe du Roc	46 %	55 %
Caen	56 %	70 %
Alençon	56 %	72 %
La Hève	54 %	63 %
Rouen	61 %	77 %

Les stations les plus arrosées par W4S sont les stations intérieures, phénomène assez fréquent en été. Le phénomène est masqué par type de W4N en raison de la position

de ces stations, assez éloignées de la trajectoire W4N.

Quantité des précipitations par jour pluvieux

	<u>Hauteur</u>		<u>Pourcentage des précipitations égales ou supérieures à 5 mm</u>	
	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>	<u>W4N</u>	<u>W4S</u>
Cherbourg	7,9	6,9	56 %	54 %
Pointe du Roc	6,1	5,8	50 %	38 %
Caen	3,8	6	28 %	44 %
Alençon	4,7	5,9	37 %	41 %
La Hève	4,9	4,8	49 %	34 %
Rouen	5,4	5,2	44 %	42 %

En dehors d'Alençon et de Caen, la fréquence des précipitations explique les différences de pluviosité. Cherbourg reçoit les pluies importantes les plus fréquentes.

Remarquons la grande différence, à Caen, entre le temps des deux trajectoires.

Le type W4N apparaît comme l'extrême limite des perturbations dont la trajectoire passe sur la région et nous ne ferons pas de différence dans les exemples. Il est bien entendu que le passage successif des deux fronts chaud et froid concerne surtout les trajectoires W4N et les points triples W4S. Il n'est pas possible de faire de moyenne valable pour le printemps et l'automne. Les fortes pluies tombant en Novembre, mais le 30 Septembre 1952, Cherbourg a reçu 29 millimètres, et le 3 Mars 1943 32 mm. Les maxima de température les plus fréquents oscillent entre 10 et 13° au printemps et à partir d'Octobre, de 14 à 17° en Septembre.

Les exemples seront pris indistinctement au cours de l'année. Comme pour les temps de Sud-Ouest étudiés au paragraphe précédent, il n'existe pas de différences fondamentales, sinon celles créées par la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon et le plus faible gradient barométrique lié à des masses d'air moins contrastées en été.

A)- PERTURBATIONS PEU ACTIVES

Les perturbations de la voie W4 sont rarement peu actives. Leur faiblesse occasionnelle résulte des trois événements qui suivent :

1°- par faible gradient barométrique. Le centre de la dépression est alors très éloigné de la France. Il est situé sur l'Islande, ou au Sud du Groenland.

2°- de la présence d'un anticyclone sur la Normandie. Les hautes pressions s'opposent alors à l'ascendance cyclonique.

3°- d'une remontée chaude, en altitude, au niveau de la Normandie.

Les 12 et 13 Décembre 1965 (R p. 420-423), une perturbation peu active traverse la Normandie ; nous dégagerons ainsi les principaux éléments qui expliquent les pluies relativement faibles. Le 12 à 6 heures, le front chaud arrive à La Hève. Son passage n'a provoqué que peu de pluie, 1 à 2 mm à Cherbourg, La Pointe du Roc, Caen, La Hève. Pourquoi ? Une dépression est située au Sud du Groenland et de l'Islande (985 mb). La Normandie connaît des pressions variant entre 1005 et 1010 mb. Le gradient est donc moyen. Au niveau de l'Angleterre, on note une divergence : une partie de la masse d'air se dirige vers la Scandinavie, l'autre vers la Méditerranée. La divergence provoque un

affaïssement et contrarie l'action du front chaud. Le secteur chaud est très important et ne se réduit guère. Pendant toute la journée du 12, la Normandie est en secteur chaud ; donc les précipitations arrivent essentiellement sous forme de bruine. De 6 à 18 heures, elles sont très fréquentes mais très faibles :

Rouen	2,3 mm en 9 h
Cherbourg	1,8 mm en 7,8 h
Caen	0,5 mm en 4,9 h
Alençon	0,2 mm en 8,8 h.

C'est un des plus beaux exemples de crachin que l'on puisse trouver.

Enfin, la dernière cause de médiocrité des précipitations est la présence d'une dorsale en altitude. Cette remontée d'air chaud se poursuit le 13 et explique la faiblesse des pluies, pendant la nuit (secteur chaud et front froid à Cherbourg : 4 mm) et leur absence, pendant la journée, malgré le passage du front froid, accompagné d'une petite dépression au point double qui traverse l'Angleterre. Les masses d'air sont peu différentes de part et d'autre du front froid. L'insolation, nulle la veille, reste assez médiocre dans la traîne :

2,9 h à Alençon
1,2 h à Rouen
2,3 h à Caen.

L'origine océanique de la masse d'air, l'air chaud en altitude, la forte nébulosité expliquent les températures très douces, peu différentes dans le secteur chaud et la traîne, et enfin la très faible amplitude.

	<u>Tx du 12</u>	<u>Tn du 12-13</u>	<u>Tx du 13</u>
	<u>Secteur chaud</u>		<u>traîne</u>
Cherbourg	12	11	11
Pointe du Roc	11	9	10
Caen	11	10	11
Alençon	11	10	11
La Hève	9	9	10
Rouen	11	10	11

Le front froid est passé à peu près vers 11 h sur l'Est de la Normandie.

Les différences entre les stations sont inexistantes.

Ce type de perturbation reste très rare.

B)- PERTURBATIONS SURMONTÉES D'UNE COULÉE FROIDE

La situation au sol est légèrement différente les 11 et 12 Mai 1972 (R p. 424-428). Une zone de basses pressions recouvre tout l'Atlantique et l'Europe entre 50 et 60°, servant de lit aux perturbations. La trajectoire est semblable à la précédente, le gradient barométrique à peu près équivalent. Mais la perturbation est plus active bien que le secteur chaud soit très réduit. C'est l'activité de la traîne qui explique la différence.

Aux nuages de type stratiforme qui abordent la Normandie le 11 (photo de satellite météorologique (Esa 8) prise vers 11 h) succèdent des nuages cumuliformes en bandes orientées parallèlement aux isohypses de 500 mb, isohypses qui dessinent une dépression à 532 dam. L'axe le plus froid traverse la Normandie à - 30°. Ce mouvement cyclonique favorise l'ascendance (cumulus et cumulo-nimbus importants). La coulée froide d'altitude renforce donc considérablement l'influence de la traîne.

Le passage du front et de la traîne provoque en 24 h. :

8 mm à Cherbourg + 3 mm dans les 12 h qui précèdent

5 mm à La Pointe du Roc + 2 mm

11 mm à Caen

13 mm à Alençon

14 mm à La Hève

13 mm à Rouen.

Les 13,3 mm de Rouen-Boos sont tombés pendant 8 h.2.

A Evreux, 6,8 mm sont tombés en 1 h.40.

De faibles orages ont éclaté près de la Basse Seine et d'Evreux.

Ces aversees n'ont pas empêché une insolation moyenne ou même forte :

5,8 à Rouen-Boos

8,7 h à Evreux.

Tout cela explique la plus forte amplitude des températures.

	<u>Tx le 11</u>	<u>Tn le 11-12</u>	<u>Tx le 12</u>
Cherbourg	12	6	10
Pointe du Roc	13	7	12
Caen	14	4	11
Alençon	14	4	13
Rouen-Boos	14	3	13
La Hève	13	7	10
Evreux	14	3	14

L'influence de la mer joue un rôle opposé pour les minima et les maxima. D'où la diminution de l'amplitude à mesure que l'on s'approche de la mer. Le refroidissement est légèrement plus accusé (jusqu'à 3° à Caen) que dans l'exemple précédent. Souvent, en cas de coulée froide, surtout par type de W4N, la traîne vient de Nord-Ouest ; le refroidissement est alors plus important. Mais ici, la traîne est d'Ouest : d'où le faible contraste des températures.

Ce type de temps est très fréquent par trajectoire d'Ouest sur la voie 4. La Normandie se trouve alors, ou

à l'extrémité avant de la vallée (surtout W4S), ou dans l'axe (traîne d'Ouest, puis de Nord-Ouest.

C)- PASSAGE D'UN POINT DOUBLE OU D'UN POINT TRIPLE
SUR LA NORMANDIE.

La photo de satellite du 10 Mai 1972 (R p. 429) souligne le rôle des points double ou triple : on y voit l'amorce d'un mouvement tourbillonnaire, indice d'une forte ascendance donc d'une forte pluviosité. Mais ce phénomène reste très limité dans l'espace. Dans cet exemple (R p. 430, 431), le point double, puis triple, passe au Nord de la Normandie.

A Rouen, par exemple, le passage du front chaud a été précédé de pluie continue de 2 h.25 à 6 h.35 (environ 4 mm). L'air chaud est poussé vigoureusement en altitude. De 7 h.25 à 11 h.50 se succèdent une série d'averses correspondant au passage du point double ou triple (?). Ce passage donne quelque 5 mm de pluie. La traîne, par contre, est peu active et ne provoque guère de pluie. La Normandie passe progressivement à l'arrière de la vallée et à l'avant d'une légère crête (voir carte de la surface de 500 mb du 12 Mai) (R p. 425).

Cette journée-là, les pluies furent très variables d'un point à l'autre de la Normandie.

En 24 h. : 12 mm à Cherbourg

3	à La Pointe du Roc
3	à Caen
3	à Alençon
2	à La Hève
9	à Rouen.

Les températures sont douces : 12 à 14° dans la journée (températures les plus fréquentes au printemps lorsque la trajectoire d'Ouest traverse la région).

Nous avons vu, dans la deuxième partie, que le passage

d'un point triple apporte davantage de pluie que le passage d'un point double. Aussi ce type est-il souvent plus arrosé que dans l'exemple cité. Il est plus fréquent par type W4S que W4N. Le passage est plus fréquent dans le Sud de la Normandie que dans le Nord, et dans l'ensemble, contrairement à l'exemple choisi, Alençon reçoit plus fréquemment de fortes pluies que Cherbourg.

D)- LE TYPE TOURBILLONNAIRE

C'est le type précédent, mais beaucoup plus actif, si bien qu'une dépression très creusée accompagne le point triple dans sa traversée de la Normandie. C'est le cas du 13 Février 1972 (R p. 433 à 436).

La photo du satellite météorologique restitue le tourbillon beaucoup mieux que la carte du B.Q.E. : les masses d'air chaud au Sud, frais à l'Ouest et froid au Nord sont aspirées par le centre de la perturbation qui se déplace d'Ouest en Est, puis vers le Sud-Est. Ce tourbillon passe au Sud de la Normandie. Les pressions demeurent très basses : 979,8 en moyenne à Evreux pour la journée du 13 Février. Quelles sont les différences importantes par rapport au cas précédent ?

1°- Les pressions plus basses et le mouvement tourbillonnaire favorisent l'ascendance, donc les plus fortes pluies : en 24 h, il est tombé :

- 22 mm à Cherbourg
- 22 mm à La Pointe du Roc
- 19 mm à Caen
- 21 mm à Alençon

6 mm à La Hève
8 mm à Rouen
16 mm à Evreux en 11 h.8.

La partie Est de la Normandie est moins touchée par la perturbation ; celle-ci glisse vers le Sud-Est et le centre du tourbillon est moins proche ; après 17 h, les pluies s'arrêtent.

2°- Cette perturbation entraîne une rapide rotation des vents : d'abord Sud-Est, puis Sud-Ouest, Nord-Ouest, Nord-Est. Ce jour-là, les vitesses maxima instantanées atteignent :

25 m/s (90 km/h) Est - Nord-Est à La Hève
20 m/s de Nord-Est à Rouen
16 m/s d'Est à Evreux.

Le mouvement de rotation apparaît nettement. Ce même jour, la vitesse la plus importante a été relevée à Quimper (172 km/h). Ces vents sont forts, mais ils sont très fréquents par trajectoire d'Ouest vers IV. Les trois jours précédemment étudiés ont des pointes à peu près équivalentes :

	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>	<u>Evreux</u>
10 Mai 1972	26 (WNW)	23 (WNW)	24 (W)
11	26 (W)	16 (W)	
12	21 (SW)	18 (WNW)	

C'est par des types de temps semblables que surviennent les tempêtes qui déracinent les arbres et causent les plus grands ravages. Dans le cas présent, le centre de la perturbation passe juste au Sud de la Normandie qui est en partie épargnée par la tempête.

3°- La photo de satellite est très nette : l'air qui arrive sur la Normandie vient de Nord - Nord-Est, sur la côte, et c'est un air relativement marin, puisqu'il suit un long parcours sur la Manche ; ou de Nord-Est (un air conti-

mental sur l'intérieur de la Normandie). D'où les températures très basses pour un temps d'Ouest, et l'opposition entre la côte et l'intérieur :

	<u>In</u>	<u>Ix</u> le 13 Février 1972
Cherbourg	4	7
Pointe du Roc	4	8
Alençon	3	6
Caen	4	5
La Hève	4	7
Rouen	3	4
Evreux	2	4

Si le centre est un peu plus au Nord, ce type de perturbation entraîne une brusque chute de température. La neige peut apparaître.

L'exemple qui précède constitue du reste une transition avec les temps perturbés froids. On pourrait le multiplier : front Ouest-Est parallèle aux isobares ou ondulations du front au-dessus de la Normandie, également grands pourvoyeurs de pluie, surtout si le front actif reste longtemps sur la région. Nous avons déjà étudié ce cas avec les trajectoires de Sud-Ouest. La stagnation d'un front sur la région correspond au passage d'un front froid qui se déplace parallèlement aux isobares. Des différences de température peuvent alors apparaître entre le Sud plus chaud et le Nord plus froid. Nous avons simplement étudié les cas qui nous sont apparus les plus caractéristiques.

*

* *

III- LES TEMPS DE NORD-OUEST

Ils sont beaucoup plus rares, surtout en été. Aussi la moyenne pour cette saison n'aura-t-elle pas la même valeur que les précédentes puisqu'il n'existe que 15 cas.

Moyenne des températures en été

	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Cherbourg	13°6	17°1
Pointe du Roc	13°4	17°
Caen	11°5	18°2
Alençon	11°3	18°7
La Hève	12°4	16°5
Rouen	11°3	18°1

Les températures sont surtout basses dans l'Est de la Normandie (Rouen est plus froid qu'Alençon de 0°6, La Hève de 0°6 par rapport à Cherbourg). Cette région est plus proche de la coulée froide.

	<u>Quantité des précipitations</u>	<u>Pourcentage des jours pluvieux</u>
Cherbourg	4,4	73 %
Pointe du Roc	1,9	40 %
Caen	6	80 %
Alençon	3,5	67 %
La Hève	6,2	73 %
Rouen	4,7	73 %

Le Nord de la Normandie, Caen en particulier, est beaucoup plus arrosé. Et le pourcentage des jours pluvieux est plus grand.

Hauteur des précipitations par jour pluvieux

	<u>Hauteur</u>	<u>Pourcentage des précipitations supérieures ou égales à 5 mm</u>
Cherbourg	6 mm	47 %
Pointe du Roc	4,3	17
Caen	7,5	67
Alençon	5,3	60
La Hève	8,5	64
Rouen	6,5	55

Les quantités sont plus élevées au Nord et à l'Ouest de la Normandie. A La Hève, il pleut même davantage que par trajectoire de Sud-Ouest. On retrouve ici l'influence de la trajectoire.

En hiver, les cas sont plus nombreux (42) ; les résultats sont donc plus valables.

Moyenne des températures minima et maxima en hiver

	<u>Tn</u>	<u>% des jours de gel</u>	<u>Tx</u>
Cherbourg	4°9	2 %	8°3
Pointe du Roc	4°6	7 %	8°
Caen	2°8	17 %	7°2
Alençon	1°8	33 %	6°7
La Hève	3°5	10 %	6°9
Rouen	1°7	36 %	6°6

Les températures sont plus basses. Le pourcentage de jours de gel, jusqu'alors insignifiant, commence à devenir plus important, surtout à Rouen.

Les pluies sont plus importantes qu'en été.

	<u>Quantité des précipitations</u>	<u>Pourcentage des jours pluvieux</u>
Cherbourg	8 mm	88 %
Pointe du Roc	4,4	83 %
Caen	6	93 %
Alençon	5,5	79 %
La Hève	4,9	81 %
Rouen	6,6	79 %

Les précipitations par temps de Nord-Ouest sont comparables à celles de Sud-Ouest ou d'Ouest. Elles sont même les plus importantes à Caen et à Rouen, égales à celles de Sud-Ouest à La Hève. L'influence de la trajectoire apparaît nettement.

Hauteur des précipitations par jour pluvieux

	<u>Hauteur</u>	<u>Pourcentage des précipitations supérieures ou égales à 5 mm</u>
Cherbourg	9,1 mm	70 %
Pointe du Roc	5,2 mm	49 %
Caen	6,5 mm	46 %
Alençon	7 mm	70 %
La Hève	6 mm	53 %
Rouen	8,4 mm	58 %

A Rouen, la forte quantité des précipitations par jour pluvieux est causée par de grosses averses, de 10 à 20 mm.

L'étude des types de Nord-Ouest est assez simple. Les cas peu arrosés, assez fréquents en été, sont liés à la présence de hautes pressions sur la Normandie et au faible gradient caractéristique de la saison chaude. Dans

les cas pluvieux, une dépression liée au cyclone traverse la région, ou des basses pressions assez creusées sont situées juste à l'Est de la Normandie. Le fort gradient qui en résulte dirige une circulation très rapide. Tous ces cas ont déjà été étudiés à propos d'autres trajectoires. L'exemple choisi va essentiellement montrer un type pluvieux et froid.

Le 23 Novembre 1971 (R p. 437-440), une perturbation 55 a traversé la Normandie. La plupart des mécanismes générateurs de fortes pluies sont présents :

1°- La perturbation évolue vite ; le secteur assez déve-
loppé à 6 heures est insignifiant à 18 heures.

2°- Le point triple passe à l'Est de la Normandie.

3°- Il est accompagné par la dépression D 9.

4°- L'action de la perturbation est accentuée par la présence d'une occlusion rétrograde.

5°- En altitude existent de basses pressions froides et le courant est assez rapide.

6°- Le gradient de température entre les masses d'air est important.

Une seule condition n'est pas favorable : la Normandie est située à l'arrière de la vallée (position VI).

Le passage de la perturbation donne en 24 heures :

17 mm de pluie à Cherbourg
7 mm à La Pointe du Roc
8 mm à Caen
5 mm à La Hève
1 mm à Rouen.

C'est surtout dans la partie la plus atteinte par le

secteur chaud que les pluies sont les plus abondantes. L'Est de la Normandie est très vite couvert par des masses d'air froid qui ont tendance à s'affaïsser et qui contiennent moins de vapeur d'eau. On comprend facilement pourquoi Rouen a un pourcentage de précipitations supérieures ou égales à 5 mm, relativement faible. La station est fréquemment atteinte par de l'air froid peu humide comparé à l'air maritime océanique (ceci explique le très fort pourcentage de gel 1 jour sur 3, et les précipitations qui se produisent sous forme de neige).

La distinction régionale est très importante. L'Ouest, atteint par le secteur chaud, connaît des températures beaucoup plus élevées que l'Est qui reçoit surtout des masses d'air plus continentales.

	<u>Ix 23</u>	<u>In 23-24</u>	<u>Ix 24</u>
Cherbourg	9	4	6
Pointe du Roc	11	4	7
Caen	7	3	6
Alençon	6	0	4
La Hève	5	2	5
Rouen	2	- 1	3

Le 24, la Normandie entière appartient à la traîne de Nord-Est. Les températures sont moins différentes d'une station à l'autre.

Cette traîne est, du reste, fort active. Les précipitations atteignent en 24 heures :

Cherbourg	4 mm
Pointe du Roc	4 mm
Caen	10
Alençon	0
La Hève	8
Rouen	6

La situation est presque l'inverse de celle de la veille. La traîne est active parce qu'une coulée froide vient de Nord-Est, et que là Normandie est atteinte par la

coulée. La position de la vallée a varié : V2, position plus favorable aux précipitations que VI. Et nous savons du reste combien cette position favorise les précipitations importantes à Caen. Cherbourg est moins arrosée ; au sol, la pression s'y élève plus rapidement, et cela malgré sa position qui favorise les précipitations de Nord-Est.

Cet exemple souligne une fois encore l'importance de la position de la station par rapport à la circulation atmosphérique.

CONCLUSION

On retrouve les mêmes différences entre les temps créés par les diverses trajectoires que dans les cas déjà étudiés :

pluviosité moindre en été dans l'ensemble,
pourcentage inférieur des jours pluvieux en été,
la trajectoire de Sud-Ouest provoque des températures plus élevées.

Mais des éléments nouveaux apparaissent :

1°- En hiver, le temps de W4N est plus chaud que celui de Sud-Ouest. La raison en est simple : la trajectoire est légèrement périphérique par rapport à la Normandie. La majorité des points triples traversent le Sud de l'Angleterre et la Normandie est recouverte d'une partie du secteur chaud. Par Sud-Ouest, le point triple traverse la Normandie. Le phénomène n'apparaît qu'en hiver, saison où le gradient barométrique et le gradient de température sont beaucoup plus accusés.

2°- Une partie des stations sont plus arrosées en été malgré un plus faible pourcentage de jours pluvieux. La moyenne pour l'ensemble des 212 cas en été et des 237 cas en hiver, cas sur lesquels porte notre sondage, donne les résultats qui suivent :

Quantité de précipitations par jour

	<u>Eté</u>	<u>Hiver</u>
Cherbourg	5,5 mm	9,6 mm
Pointe du Roc	3,3	5,2 mm
Caen	4	5,5 mm
Alençon	3,8	5,9
La Hève	3,6	4,7
Rouen	4,2	5,4 mm

Dans la moyenne générale, ce phénomène n'apparaît pas. Le pourcentage des jours pluvieux est plus faible. C'est sans doute parce que l'air de Sud-Ouest est plus chaud et préalablement instable que les phénomènes d'instabilité se déclenchent plus facilement en hiver.

Si l'on ne considère que la quantité des précipitations par jour pluvieux, pour l'ensemble des trajectoires, on voit certaines stations plus arrosées en été : La Hève et La Pointe du Roc.

	<u>Pourcentage des jours pluvieux</u>		<u>Quantité des précipitations par jour pluvieux</u>	
	<u>Eté</u>	<u>Hiver</u>	<u>Eté</u>	<u>Hiver</u>
Cherbourg	69 %	91 %	8 mm	10,5 mm
Pointe du Roc	48 %	83 %	6,8	6,2
Caen	66 %	83 %	6	6,6
Alençon	63 %	83 %	6	7,1
La Hève	61 %	81 %	5,8	5,7
Rouen	68 %	80 %	6,1	6,7

Même les pourcentages de précipitations supérieures ou égales à 5 mm sont assez voisins :

Cherbourg	53 % en été	75 % en hiver des jours pluvieux
Pointe du Roc	48 %	55 %
Caen	46 %	51 %
Alençon	44 %	66 %
La Hève	47 %	49 %
Rouen	49 %	56 %

Les grosses averses représentent donc la caractéristique la plus fréquente de ce type de temps.

Les températures sont également assez voisines les unes des autres.

Moyenne des températures

	<u>In</u>		<u>Ix</u>	
	<u>Eté</u>	<u>Hiver</u>	<u>Eté</u>	<u>Hiver</u>
Cherbourg	13°3	5°8	17°9	9°2
Pointe du Roc	13°7	5°5	17°9	8°9
Caen	11°9	4°	19°4	8°6
Alençon	12°1	3°6	19°7	8°2
La Hève	13°3	4°5	17°5	7°8
Rouen	12°1	3°5	19°6	8°3

Le maximum d'écart entre les stations, tant pour les minima que pour les maxima, atteint 2°2, ce qui est très peu. En été, le mode et la médiane sont respectivement de 12° pour les stations de l'intérieur et de 14 et 13° pour les stations côtières. Pour les maxima, l'écart peut atteindre 3° :

	<u>Mode</u>	<u>Médiane</u>
Cherbourg	18°	18°
Pointe du Roc	17°	18°
Caen	19°	19°
Alençon	20°	20°
La Hève	18°	17°
Rouen	19°	20°

L'écart-type est assez faible :

<u>In</u>	<u>Ix</u>	
1°7	1°9	à Cherbourg
2°5	2°7	à Rouen

En hiver, il est un peu plus élevé, dans l'ensemble :

2°6	2°3	à Cherbourg
2°3	2°9	

Le refroidissement du temps par rapport aux trajectoires périphériques déjà étudiées se marque en été par la baisse du pourcentage des journées où la température est égale ou supérieure à 25° C. Il apparaît aussi en hiver : nombre de jours de gel accru.

	<u>Pourcentage de</u> <u>journées chaudes</u> <u>en été</u>	<u>Pourcentage de</u> <u>jours de gel</u> <u>en hiver</u>
Cherbourg	0 %	2 %
Pointe du Roc	0 %	2 %
Caen	3 %	11 %
Alençon	5 %	18 %
La Hève	2 %	7 %
Rouen	4 %	19 %

Le pourcentage de jours de gel atteint presque 1 jour sur 5 à Rouen et à Alençon.

Les six stations ne donnent qu'un aperçu du climat normand dans son ensemble. L'étude des précipitations du 21 (6 heures) au 31 (6 heures), c'est-à-dire pendant 10 jours où les perturbations ont traversé notre région, montre un peu la limite d'une étude basée sur quelques stations seulement. Pour bien comprendre la carte des précipitations, il faut souligner la trajectoire, chaque jour.

21	:	W4S
22	:	traîne de la même perturbation
23	:	W4N
24	:	traîne
25	:	SW
26	:	W4S
27	:	traîne
28	:	traîne
29	:	traîne
30	:	SW

La circulation en altitude est d'abord zonale ; puis, à partir du 27, une coulée froide importante survient sur le Proche Océan. La circulation est donc rapide sur la Normandie, avec une petite nuance méridionale, à l'exception du 23 et du 24.

Deux stations de l'Orne n'ont pas été figurées sur la carte des précipitations (R p. 442) :

Champsecret	avec	114 mm
Fontenai-les-L.		100 mm

En effet, la carte aurait été surchargée, et l'impression d'abondance des précipitations dans cette partie du bocage normand est déjà suffisante.

Les stations étudiées ne sont pas les plus arrosées :

Alençon	57 mm
Caen	37 mm
La Hève	33 mm

Rouen et Cherbourg sont situées à des emplacements différents, mais Cherbourg-Maupertus ne dépasse pas 78 mm.

Par ce type de temps, la région la plus arrosée est, de loin, le bocage de la Manche et de l'Ouest de l'Orne, du Sud du Calvados.

L'intérieur du Cotentin est également une aire très arrosée ; mais la majeure partie du Calvados, de l'Eure, de la Seine-Maritime (à l'exception de la région de Goderville et des points les plus hauts) et surtout la région de Granville sont moins touchées. De même, les côtes reçoivent un peu moins de précipitations que l'arrière-pays.

Les cartes de la moyenne des minima et des maxima de température (R p. 443-444) montrent l'unité de la région au point de vue thermique. Si les minima sont plus élevés dans les régions côtières (influence de la mer), les maxima varient d'un endroit à l'autre, davantage en fonction des facteurs locaux que des conditions générales. La moyenne des températures n'est pas effectuée sur 10 jours mais sur 11 jours. Les comptabilisations des minima et des maxima et celles des précipitations se produisent à des moments différents de la journée.

Du 21 au 30, il y a eu 8 jours de vent fort à Rouen (108 et 112 km/h), 6 jours à Evreux (maximum 90), 9 jours à La Hève dont 5 jours supérieurs à 30 noeuds (de 115 à 130 km/h).

Pendant ces 10 jours, l'insolation a été faible :

24 h.8 à Rouen-Boos

26 h.1 à La Hève

27 h.9 à Caen

13 h.9 à Alençon

21 h.5 à Cherbourg-Maupertus, soit moins de

3 heures par jour, les jours les plus ensoleillés correspondant à la traîne.

Les journées sans soleil restent rares : les 23, 26 et 30. Cette circulation, établie directement au-dessus de la Normandie, crée donc des temps à la fois très arrosés et assez frais, et cela en toute saison.

*

* *

SECTION V

LES TEMPS PERTURBÉS FROIDS

Pour être très précis, ce chapitre devrait s'intituler :
"Les temps perturbés froids et à tendance continentale".

En effet, deux types existent :

1°- L'un lié surtout au passage des perturbations au Sud de la région (Carte R p. 445). Seul, le secteur froid traverse la Normandie qui reçoit peu de fronts, quelques occlusions, parfois accompagnées d'une dépression.

2°- L'autre influencé par l'existence d'une coulée froide ou d'une goutte froide. Parfois, aucune perturbation n'apparaît au sol ; parfois, au contraire, l'arrivée de la masse d'air froid est matérialisée par l'approche d'un front froid. La prédominance d'une masse d'air continental ou continentalisé constitue la grande différence avec le cas précédent. L'absence ou le manque d'activité des perturbations donnent à ces types de temps certains caractères propres aux anticyclones, surtout pour la température qui dépend de la direction des isobares. Trois temps se rattachent à cette catégorie : Nord, Nord-Est, Sud-Est. L'origine de la masse d'air explique la fraîcheur des températures comme nous l'avons constaté lors de l'étude des anticyclones, à une exception près, les temps de Sud-Est en été, très chauds. Mais ceux-ci sont très peu nombreux. Aussi avons-nous préféré garder un titre bref, exprimant le caractère dominant de ces types de temps. Nous étudierons donc successivement :

- les trajectoires méridionales,
- les temps perturbés de Nord ou de Nord-Est,
- les temps perturbés de Sud-Est.

I- LES TRAJECTOIRES MÉRIDIIONALES

La coulée froide s'étend largement vers le Sud : la Normandie est désormais recouverte par cette coulée. Les perturbations vont circuler autour de la vallée comme, au chapitre II, elles pouvaient contourner la crête qui surplombait la Normandie.

Les sondages comptent 128 cas en été et 153 cas en hiver (1951 - Février 1965, période analogue aux précédentes).

	<u>Hiver</u>	<u>Eté</u>
SW	42 cas	48 cas
W6	29 cas	9
NW5	82 cas	71

Les moyennes pour les temps de W6 sont données à titre indicatif en raison du petit nombre de cas estivaux. Les écarts-types sont plus importants à Rouen qu'à Cherbourg, surtout en hiver :

	<u>Hiver</u>		<u>Eté</u>	
	<u>In</u>	<u>Ix</u>	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Cherbourg	2°4	2°7	1°7	1°6
Rouen	3°3	3°1	2°7	2°7

En hiver, les écarts-types sont plus élevés que ceux trouvés aux chapitres précédents.

Moyenne des minima en été

	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Région</u>
Cherbourg	13°1	11°7	12°8	12°9
Pointe du Roc	13°7	11°8	13°2	13°3
Caen	11°6	9°4	10°9	11°2
Alençon	11°8	6°7	10°7	11°4
La Hève	13°2	11°3	12°7	12°9
Rouen	12°	9°4	10°7	11°4

Moyenne des maxima en été

	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Région</u>
Cherbourg	18°	17°2	17°4	17°7
Pointe du Roc	18°5	18°3	17°8	18°3
Caen	20°2	18°7	18°5	19°7
Alençon	20°	19°4	19°2	19°6
La Hève	18°2	15°9	17°1	17°7
Rouen	20°3	19°1	19°	19°8

La moyenne des minima est très proche des moyennes calculées au chapitre précédent, mais les maxima sont supérieurs. Comment expliquer ces températures légèrement plus élevées ? Très souvent, le passage des perturbations n'apporte pas de pluie. Donc, l'insolation est supérieure. L'effet d'insolation compense alors l'effet d'advection.

Cet air, à tendance plus continentale que dans les cas précédents, puisqu'il vient assez souvent du secteur Est, est, par contre, beaucoup plus froid en hiver.

Moyenne des minima en hiver

	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	4°2	2°3	4°1	3°6
Pointe du Roc	3°6	1°1	4°6	3°
Caen	1°9	- 1°2	0°7	1°1
Alençon	1°8	- 0°9	0°7	0°6
La Hève	3°	- 0°	2°3	2°
Rouen	1°8	- 1°3	1°	0°7

Par W6, les températures sont beaucoup plus basses tant en été qu'en hiver : des moyennes inférieures à 0° se relèvent dans la majeure partie de la Normandie. Pourquoi ? Une trajectoire W6 accompagne le plus souvent une profonde invasion d'air froid sur l'Europe occidentale alors que NW5 et SW ne correspondent souvent qu'à un passage momentané de la vallée et succèdent à des types de temps plus chauds, ou les précèdent. Le froid est alors un simple épisode. Au contraire, la voie N° 6 implique une invasion totale et prolongée de l'air polaire.

Le pourcentage de jours de gel est très élevé et pour la première fois dans l'étude des temps perturbés, des jours sans dégel apparaissent même à Cherbourg :

	<u>Pourcentage des</u> <u>jours de gel</u>				<u>Pourcentage des</u> <u>jours sans dégel</u>			
	<u>SW</u>	<u>W6</u>	<u>NW5</u>	<u>Total</u>	<u>SW</u>	<u>W6</u>	<u>NW5</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	10 %	28 %	10 %	13 %	0	3 %	0	1 %
Pointe du Roc	17	52	15	22 %	2 %	6	0	2 %
Caen	43	72	30	42 %	5	21	5 %	7 %
Alençon	43	75	49	52 %	2	18	5	7 %
La Hève	19	61	26	31 %	2	18	6	7 %
Rouen	34	76	43	47 %	2	21	7	9 %

Il y a peu d'écart entre les trajectoires de Nord-Ouest et celles de Sud-Ouest (plus chaude dans l'Est de la Normandie).

Par temps de W6, il gèle 3 jours sur 4 dans les stations de l'intérieur.

Les maxima en hiver sont également beaucoup plus bas par trajectoire d'Ouest 6.

Moyennes des maxima en hiver

	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	7°4	4°9	7°	6°7
Pointe du Roc	6°8	4°6	6°5	6°2
Caen	6°3	3°3	5°6	5°4
Alençon	5°7	3°1	5°6	4°9
La Hève	5°9	3°1	5°1	5°1
Rouen	6°3	2°2	4°8	4°9

Il y a 2 à 4 degrés d'écart en moyenne entre les trajectoires de SW et NW et celle d'W.

Dans l'ensemble, la partie Est de la Normandie est plus froide, surtout par trajectoire d'Ouest et de Nord-Ouest.

La différence entre les trajectoires de SW et de NW atteint :

0°4 à Cherbourg
0°3 à La Pointe du Roc
0°7 à Caen
0°1 à Alençon
0°8 à La Hève
1°5 à Rouen.

Les différences dans le Sud sont plus faibles que dans le Nord. L'air qui vient de Nord-Ouest perd rapidement sa douceur maritime.

Un jour sur 5, les températures sont au plus égales à 0° dans la plus grande partie de la Normandie.

Les différences entre les stations sont moyennes : 3°5 entre les minima de la Pointe du Roc (station plus chaude que Cherbourg) et ceux de Rouen.

Les pluies sont naturellement plus faibles que celles

liées aux trajectoires traversant la Normandie.

Hauteur moyenne des précipitations en été

	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	3,1	0	3,1	2,7
Pointe du Roc	2,7	0,8	2,4	2,4
Caen	2,8	1	3,2	2,7
Alençon	4,6	0,9	2,5	3,6
La Hève	2,5	0,2	1,7	2,2
Rouen	4,1	0,8	2,6	3,3

Hauteur moyenne des précipitations en hiver

	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	3,9	1,2	3,1	2,9
Pointe du Roc	2,2	1	2	1,9
Caen	2,2	0,9	2,5	2,1
Alençon	2,6	1,9	2,5	2,4
La Hève	1,1	0,4	1,8	1,4
Rouen	1,1	0,2	1,3	1

L'été est plus humide que l'hiver, sauf à Cherbourg. Les stations de l'intérieur sont les plus arrosées, et par temps de Nord-Ouest, Caen.

Des phénomènes de turbulence favorisent l'instabilité.

En hiver, Cherbourg et Alençon (la station la plus proche de ce type de trajectoire) sont les plus arrosées.

Les trajectoires de W6 n'apportent que très peu de pluie.

Pourcentage des jours pluvieux en été

	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	40 %	0	39 %	37 %
Pointe du Roc	40 %	22 %	46 %	43 %
Caen	61 %	44 %	65 %	60 %
Alençon	63 %	22 %	48 %	55 %
La Hève	51 %	22 %	46 %	47 %
Rouen	60 %	33 %	54 %	56 %

Pourcentage des jours pluvieux en hiver

	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Total</u>
Cherbourg	62 %	35 %	52 %	52 %
Pointe du Roc	49 %	24 %	49 %	44 %
Caen	45 %	31 %	57 %	49 %
Alençon	51 %	24 %	57 %	49 %
La Hève	31 %	14 %	41 %	33 %
Rouen	29 %	10 %	57 %	33 %

Sauf à Cherbourg, le pourcentage des jours pluvieux est plus faible en hiver qu'en été. Il est probable qu'en hiver, l'air plus froid à la base a tendance à s'affaïsser, ce qui limite l'ascendance. Autre raison possible : le gradient barométrique est plus élevé en hiver ; la Normandie passe plus vite dans la marque des perturbations.

Quantité de précipitations par jour pluvieux

	<u>Eté</u>				<u>Hiver</u>			
	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Moyenne</u>	<u>SW</u>	<u>W</u>	<u>NW</u>	<u>Moyenne</u>
Cherbourg	6,7	0	7,8	7,4	6,3	3,6	5,8	5,7
Pointe du Roc	6,1	3,5	5,7	5,6	4,6	3,9	4,2	4,3
Caen	4,5	2,5	5,1	4,6	4,8	2,8	4,4	4,3
Alençon	7,2	4	5,3	6,5	5	4,1	4,4	4,9
La Hève	5	1	3,8	4,7	3,3	3,5	4,4	4
Rouen	6,8	2,3	4,9	5,9	3,9	1,7	2,9	3

Ce tableau confirme ce que nous venons de dire précédemment. Le pourcentage des pluies égales ou supérieures à 5 mm varie de 22 à 47 % des jours pluvieux. En moyenne, quand il pleut, une fois sur 3, les pluies sont fortes.

Nous étudierons un exemple de W6 qui, manifestement, diffère des SW et NW. Pour les deux autres trajectoires, trois cas surtout apparaissent :

- traîne de même direction que la trajectoire,
- passage d'une dépression sur la Normandie,
- traîne d'une direction différente de celle de la trajectoire (le plus souvent de secteur Nord ou Est).

A)- LES PERTURBATIONS DONT LA TRAÎNE EST DE MÊME DIRECTION QUE LA TRAJECTOIRE : EXEMPLE LE 1^{er} AOÛT 1967.

Une coulée froide en altitude circule sur le Proche Océan, liée à une vallée (R p. 446-448). Le centre de la dépression D6 correspond à une goutte froide ($- 20^{\circ}$) au large de la Bretagne. Sur le continent passe un flux de Sud-Ouest : les perturbations atteignent l'Est de la France. La Normandie est peu touchée par la perturbation. Elle baigne dans la traîne et reçoit quelques averses de médiocre intensité. Cette traîne est peu active.

En effet :

1°- Le gradient barométrique n'est pas très accentué ; la circulation, tant en altitude qu'au sol, est lente (vents faibles).

2°- Les températures sont assez élevées :

températures minima : 13 à 15°

températures maxima : 21 à 24°.

L'air vient en effet de Sud-Ouest.

D'autre part, comme la Normandie est en marge, l'insolation est assez élevée. C'est au passage du front que les températures sont les plus basses. Celui-ci s'est déplacé parallèlement à lui-même. La même région a toujours une forte nébulosité, et les températures maxima ne dépassent pas 20° (Carte R p. 448).

Ce type de trajectoire donne des températures élevées en été et modérées en hiver, avec des pluies médiocres. Quelquefois, les températures peuvent être plus hautes et les précipitations plus importantes, si le gradient barométrique est plus faible qu'ici. Un temps de marais barométrique peut, en été, accentuer l'abondance des précipitations.

Le type de Nord-Ouest est un peu moins chaud et rarement lié à un marais barométrique.

B)- LES PERTURBATIONS ACCOMPAGNÉES D'UNE DÉPRESSION : LES 13 ET 14 FÉVRIER 1970.

Ce sont les plus actives. L'axe de la vallée planétaire traverse la France (R p. 449). La Normandie est donc surmontée de basses pressions, avec des températures de - 30° à - 35° à 500 mb. Au sol, la perturbation B a est active :

- point triple traversant la partie Sud-Ouest de la Normandie,

- dépression DO très creusée (995 mb à 18 h le 13 Février 1970 glissant sur la Bretagne). Ceci crée un gradient

barométrique élevé sur la Normandie (Carte R p. 450).

- l'axe de la vallée d'altitude surmonte la Normandie,
- l'occlusion rétrograde reste toute la nuit proche du Sud de la Normandie.

La pluviosité est donc très abondante dans la moitié Sud-Ouest de la Normandie : plus de 15 mm en 24 heures.

Il est tombé 26 mm à la Pointe du Roc. A Bricquebec, Beauvoir, la Feuillie, les précipitations dépassent 30 mm. Comme la température était basse, les chutes de neige ont été importantes : 20 à 30 cm sur le sol. Dans la nuit du 13 au 14, il est tombé 25 cm de neige à La Hève. Le 14, la hauteur de la couche à Rouen-Boos atteignait 19 cm. Cela est d'ailleurs très exceptionnel sur la région.

Sauf à Cherbourg le 13, le soleil fait quelques apparitions : 2 h.7 le 13, 4 h.4 le 14 à Rouen-Boos,

0 h.2 et	1 h	à La Hève
1,1	1,2	à Caen
0,2	0,4	à Alençon
0	3	à Cherbourg.

Les températures sont beaucoup plus basses que dans les cas précédemment étudiés : les minima dans la nuit du 13 au 14 ont tous été négatifs :

Cherbourg	- 0°4
Alençon	- 1°5
Caen	- 1°1
La Hève	- 1°2
Rouen-B.	- 2°3
Evreux-H.	- 2°

Les maxima du 14 sont également bas :

Cherbourg	1°8
Alençon	1°1
Caen	2°1
La Hève	2°6
Rouen-B.	0°5
Evreux-H.	- 0°1

Soulignons l'absence de dégel à Evreux-Huest.

Comment expliquer ce froid ?

1°- Une masse d'air froid s'étend sur l'Europe dès le 13.

2°- En altitude, l'air est très froid.

3°- Aucune masse d'air chaud ne pénètre en Normandie en liaison avec la perturbation.

4°- L'air est de moins en moins océanique. Le 13 à 6 heures, l'air venait d'Ouest. A partir de 18 heures, il arrive du continent et devient plus froid. De 14 à 18 h., il souffle du Nord - Nord-Est. Sur la côte, il est très légèrement réchauffé par son passage sur la Manche. A l'intérieur, par contre, il est très froid et engendre les basses températures de la moitié Sud-Est de la Normandie.

Le passage de la dépression liée à la perturbation a donc expliqué la rotation des vents, rotation importante au cours de ces 36 heures. Ces vents ont souvent été violents :

vent de Nord-Ouest : 18 m/s le 13 à Rouen-Boos,

Nord-Est : 20 m/s le 14.

Une trajectoire de Sud-Ouest n'apportait que peu de modifications. La carte des tendances (R p. 451) montre le passage du type Nord-Ouest au type Sud-Ouest. Dans ce cas précis, les précipitations vont diminuer le 15, parce que la perturbation s'éloigne. Les températures seront encore plus basses.

Ce type de trajectoire détermine un des rares cas de temps neigeux en Normandie.

En été, ce type de temps est pluvieux et frais, maximum inférieur à 20 dans toute la région.

Si la dépression passe plus au large et ne se fait pas sentir en Normandie (5 Janvier 1967) (R p. 452), les précipitations deviennent rares.

Les températures restent basses, l'air vient de l'Est ou du Nord. En été, les températures sont également fraîches, sauf lorsque le gradient barométrique est faible.

Les perturbations dont la traîne vient du Nord-Ouest ou du Nord sont plus froides. La pluviosité est d'autant plus importante que la trajectoire est proche de la Normandie et que la dépression est creusée et près de notre région ou même la recouvre.

C)- LES TRAJECTOIRES DE W6 : Exemple des 6 et 7 Janvier 1963.

En altitude, un courant zonal actif coule entre 35 et 40° de latitude (Cartes R p. 453-455). Au sol, toute une série de perturbations suivent ce flux rapide. La Normandie subit l'influence des occlusions rétrogrades qui passent au Sud. La nébulosité est forte, mais les pluies sont inexistantes ou très faibles. Parfois, les pluies sont plus importantes lorsque la dépression traverse la Normandie, mais ce phénomène est rare. Les minima de température sont bas : de - 2° à La-Hève à + 3° à Cherbourg. Dans la partie Est de la Normandie, les températures sont voisines de 0° ou négatives.

L'air vient de l'Est, il est froid et relativement sec. Seule la proximité de l'Océan vient un peu adoucir les températures dans l'Ouest de la Normandie.

Si l'air vient de l'Ouest comme le 12 Janvier 1970 (R p. 455), les températures sont douces :

5 à 7° pour les minima,

8 à 10° pour les maxima.

Mais les pluies sont insignifiantes ou nulles : l'occlusion traverse la région, mais le point triple passe très loin de la Normandie.

En résumé, les trajectoires d'Ouest sont plus sèches parce qu'elles sont plus éloignées de notre région. Le courant rapide d'altitude est beaucoup plus au Sud. Il faut que la dépression traverse la Normandie pour que la pluie soit abondante et ce phénomène est rare. En été, les trajectoires de W6 sont exceptionnelles, car une invasion massive d'air froid est gênée par la chaleur locale de l'été, sur le continent.

Les températures sont plus basses en raison de cette invasion massive d'air froid, de la fréquence des flux d'Est sur la Normandie.

Terminons en indiquant quelques caractères de ces types de temps au printemps et en automne.

Au printemps, des gelées surviennent jusqu'à la fin Mars ; il faut attendre la deuxième quinzaine de Mai pour que la température dépasse 15° dans les stations de l'intérieur. Le 26 Mai 1951, on relève 12° à Alençon par trajectoire de Sud-Ouest.

En automne, les pluies sont plus fréquentes qu'au printemps (en Novembre surtout), les températures restent douces : les jours de gel sont exceptionnels et les maxima

surtout par trajectoire de Sud-Ouest restent assez hauts jusqu'à la fin Octobre (plus de 15°).

*
* * *

II- LES TEMPS PERTURBES DE NORD OU DE NORD-EST *****

Un flux de Sud-Ouest "froid" circule souvent sur le flanc droit d'une vallée froide de Nord-Est. Si le glissement de cette vallée de Nord-Est vers le Sud s'accroît, la Normandie peut recevoir des perturbations de Nord-Est dirigées par l'autre flanc de la vallée. On note alors un refroidissement sensible.

Les temps de Nord correspondent à des coulées froides de Nord sur l'Atlantique, sur notre région et très souvent sur l'Est de la France ou l'Allemagne. Les trajectoires de Nord-Est surviennent plus fréquemment encore au-dessus de notre région. Nous n'avons pas fait de distinction entre les trajectoires des perturbations pour plusieurs raisons :

1°- Ces types de temps sont trop rares, surtout en été, pour qu'une moyenne valable soit établie en les classant en trois catégories différentes.

2°- Quelle que soit la trajectoire, ces temps sont froids ; les différences jouent seulement sur les précipitations. Ces temps sont tous nettement plus froids que ceux des chapitres précédents et présentent donc une unité thermique.

Moyenne des températures en hiver
par trajectoire de Nord, de Nord-Est

	<u>Nord</u>		<u>Nord-Est ou Est</u>	
	<u>Tn</u>	<u>% de jours de gel</u>	<u>Tn</u>	<u>% de jours de gel</u>
Cherbourg	3°	17 %	2°8	21 %
Pointe du Roc	1°6	30 %	0°2	43 %
Caen	- 0°9	59 %	- 1°6	72 %
Alençon	- 2°1	67 %	- 3°2	74 %
La Hève	+ 0°1	57 %	- 1°2	64 %
Rouen	- 1°7	76 %	- 2°4	74 %

	<u>Tx</u>		<u>Tx</u>	
	<u>% de jours sans dégel</u>		<u>% de jours sans dégel</u>	
Cherbourg	6°	4 %	5°	8 %
Pointe du Roc	5°3	4 %	4°	15 %
Caen	4°	11 %	3°1	21 %
Alençon	3°1	20 %	2°1	23 %
La Hève	4°1	9 %	2°5	25 %
Rouen	3°1	20 %	2°1	26 %

Les temps de Nord et de Nord-Est se rapprochent plus des temps de W6 que de NW ou SW froids, sans doute parce qu'ils correspondent à une très forte avancée d'air froid sur toute l'Europe du Nord. A l'exception des côtes de la Manche, un jour sur deux, et plus souvent trois jours sur quatre, il gèle, et la moyenne des températures est inférieure à 0°. Ces sondages portent sur

54 cas de Nord,

53 cas de Nord-Est (période 1951-1964 - Février 1965).

Les maxima de température sont peu élevés. Il ne dégèle pas au cours de la journée :

un jour sur cinq par temps de Nord,

un jour sur quatre par temps de Nord-Est,

dès que l'on s'éloigne un peu des côtes. L'Est de la Normandie est plus froid : les maxima à La Hève sont inférieurs à ceux de Caen.

En effet, l'influence du continent s'oppose ici à celle de la masse océanique.

D'autre part, l'Ouest de la Normandie ne reçoit souvent que l'extrémité des coulées de Nord-Est ou d'Est, et l'air qui vient du Nord est plus chaud à l'Ouest qu'à l'Est (proximité de l'océan). La différence entre les stations est importante :

6° entre Cherbourg et Alençon pour les températures minima par trajectoire de Nord-Est.

Les températures d'été sont très basses. Les moyennes ne sont données qu'à titre indicatif. Le sondage porte sur 12 cas de Nord,

11 cas de Nord-Est.

Ce type de temps est très rare en été.

Moyenne des minima et maxima de température en été

	<u>In</u>		<u>Ix</u>	
	<u>N</u>	<u>NE</u>	<u>N</u>	<u>NE</u>
Cherbourg	12°3	11°9	16°7	15°1
Pointe du Roc	12°3	12°1	17°3	15°5
Caen	10°6	10°7	17°8	15°5
Alençon	9°	10°1	18°3	16°
La Hève	11°7	10°9	16°	14°4
Rouen	9°8	10°5	17°3	16°

Aucun maximum, sauf à Alençon par trajectoire de Nord, ne dépasse 25°. Mais on constate surtout, par temps de Nord-Est, des températures très basses, plus caractéristiques de l'hiver que de l'été : 10 à 12°. La moyenne des temps de Nord-Est à La Hève, en été, est inférieure à 15°, chiffre retenu comme limite caractéristique.

Les différences entre les stations sont assez faibles. L'invasion d'air froid est plus importante à l'Est et compense la montée de température due à l'éloignement de l'Océan.

Ces températures basses s'expliquent par l'origine des masses d'air : latitudes très septentrionales. Rappelons, à ce sujet, les températures également basses des anticyclones dont l'air venait du Nord-Est. Les temps perturbés de Nord-Est sont encore plus froids. Car la nébulosité est plus forte, et la masse d'air en altitude est toujours froide.

Les précipitations ne sont pas négligeables.

Hauteur des précipitations par jour

	<u>Hiver</u>		<u>Été</u>	
	<u>N</u>	<u>NE</u>	<u>N</u>	<u>NE</u>
Cherbourg	3,2	1,9	2,2	2,6
Pointe du Roc	1,1	0,2	3,1	3,5
Caen	2,2	1	2,7	5,5
Alençon	2	0,2	2,3	2,5
La Hève	1,2	0,6	2,1	5,7
Rouen	1,6	0,2	2,2	4,7

Pourcentage des jours de précipitations

	<u>Hiver</u>		<u>Eté</u>	
	<u>N</u>	<u>NE</u>	<u>N</u>	<u>NE</u>
Cherbourg	48 %	42 %	42 %	82 %
Pointe du Roc	28 %	19 %	42 %	64 %
Caen	48 %	38 %	50 %	88 %
Alençon	48 %	11 %	42 %	73 %
La Hève	43 %	19 %	42 %	88 %
Rouen	44 %	11 %	50 %	88 %

Hauteur des précipitations par jour pluvieux

Cherbourg	6,4	4,6	5,4	3,2
Pointe du Roc	4	2	6,2	5,6
Caen	4,3	2,7	5,3	6,7
Alençon	4,2	2,3	5,6	3,5
La Hève	2,7	3,3	5	7
Rouen	3,6	1,5	4,3	5,8

La valeur des résultats obtenus en hiver est bien supérieure à celle de l'été, en raison du petit nombre des cas en cette saison.

Les pluies sont plus abondantes en été qu'en hiver, surtout par temps de Nord-Est. En effet, l'air est très froid en hiver ; il contient donc moins d'humidité qu'en été. D'autre part, comme il vient du Nord, il est assez instable puisqu'il se réchauffe à la base. Mais l'instabilité est évidemment favorisée en été, surtout par temps de Nord-Est.

Cherbourg et Caen, quelquefois La Hève, reçoivent seules un air maritime de Nord-Est. Elles sont donc plus arrosées. La Pointe du Roc représente la station la plus sèche ; les masses d'air s'affaissent en passant du conti-

nent, relativement élevé, à la mer.

Enfin, en hiver, ces types de temps sont accompagnés de pressions plus élevées (l'air est froid et lourd).

A)- LES PERTURBATIONS DE NORD

Les perturbations qui provoquent beaucoup de pluie sont assez fréquentes.

1- Le point triple de la perturbation passe en Normandie.

Le 6 Décembre 1969, une coulée froide importante touche l'Est de la France et l'Europe centrale (Cartes R p. 456 à 458). On a donc, à la latitude de la Bretagne, un courant rapide dans lequel circulent les perturbations. La perturbation 60 est en cours d'occlusion. Le point triple passe sur l'Ouest du Cotentin. Il est suivi d'une dépression, 1005 mb ; et une immense occlusion Nord-Sud va se déplacer toute la journée au-dessus de la Normandie. Dans ce cas précis, l'occlusion joue un rôle très important.

1°- Là où elle passe, elle provoque des précipitations car elle reste à peu près au même emplacement toute la journée. A Rouen, il est tombé 11,1 mm en 7 h. 30 (et le 7, la couche de neige atteignait 14 cm),

à Evreux, on relève 8,9 mm en 8,1 h.,

Forges	11 mm,
Etrépigny	10 mm,
Louviers	12 mm,
Les Andelys	12 mm,
Canappeville	12 mm,
Brionne	11 mm,
Conches	14 mm,
Rémalard	11 mm.

C'est l'Eure qui est la région la plus arrosée. Les précipitations diminuent vers l'Ouest :

Alençon	9,5 mm
Caen	5,2
Cherbourg	0 (il a plu la nuit à l'approche de la perturbation).

Ces chiffres montrent bien le rôle de l'occlusion dans la répartition des précipitations. L'insolation est nulle (0,1 h à Cherbourg).

2°- L'occlusion a partagé la Normandie en deux parties :

a)- La partie occidentale avec des maxima supérieurs à 4° :

Alençon	4°2
Caen	7°4
Cherbourg	8°3

Les températures sont en baisse dans la nuit du 6 au 7 car l'occlusion tend à glisser vers l'Ouest :

Alençon	- 4°8
Caen	- 3°4
Cherbourg	- 0°7

b)- La partie orientale est recouverte par un air continental froid :

Rouen	0°1
Evreux	0°8

La nuit du 6 au 7, les minima atteignent un niveau peu courant en Normandie :

Rouen	- 10°4
Evreux	- 13°8
Etrépigny	- 14°8
Forges-les-Eaux	- 12°6
Auzebosc	- 10°7
Canappeville	- 11°8
Menneval	- 10°

Sur la côte, on retrouve la même coupure :

La Hève	- 2°6
Neuville-les-Disps	- 8°2

Ce type de temps est très fréquent : fronts ou occlusions, de direction Nord-Sud, stationnent assez longtemps

sur une partie de notre région car ils sont parallèles au courant d'altitude. Ceci explique les pluies importantes ou les chutes de neige. Comme cette bande pluvieuse dépend de la position du courant d'altitude, elle est fort variable d'un cas à l'autre. Les endroits extérieurs à cette bande peuvent être peu ou pas arrosés (comme à Cherbourg). C'est une des causes du pourcentage peu élevé des jours de précipitations.

2- Les perturbations de Nord à un seul front froid.

Le 12 Décembre 1962, une coulée froide circule sur la France de l'Ouest (Carte R p. 459-460). Elle se traduit au sol par le passage d'un front froid Ouest-Est. La Normandie est au centre de la vallée. D'où l'instabilité de la masse d'air.

Les précipitations les plus importantes frappent les stations situées dans l'axe de la vallée, en bordure de la côte, en Seine-Maritime :

Eu	20 mm en 24 h.
Neuville-les-Dieppe	42
Saint-Sylvain	19
Caen	11
Brémoy	20
Vire	25

Ce sont des pluies d'instabilité tombant sous forme de grêle ou d'averses, extrêmement variables d'un endroit à l'autre. Les 4,6 mm de pluie sont tombés en 1,3 h à Cherbourg le 12, de 6 à 18 h T.U.. Ce type de temps est assez fréquent aussi par type de Nord-Est.

Remarquons les températures plus douces le 12 que dans l'exemple précédent :

	<u>Tx</u>	<u>In</u>
Cherbourg	8°	2°6
Caen	5°3	1°3
Alençon	6°7	0°6
La Hève	6°2	2°8
Rouen	6°	0°9

L'air arctique maritime vient du Nord, mais il n'a traversé que la Grande-Bretagne, et il est donc moins froid qu'un air venant de Scandinavie.

Ce sont là deux cas fréquents de temps de Nord. Parfois, l'anticyclone atlantique s'étend sur la Normandie. Les pluies sont alors inexistantes ou très faibles. Dans d'autres cas, aucun front ne traverse la Normandie et l'on retrouve alors certaines conditions que nous étudierons avec les temps de Nord-Est. D'autres fois, une goutte froide descend lentement, le plus souvent sur l'Est de la France ; le temps de Nord est alors suivi par un temps de Nord-Est. Dans ce dernier cas, les précipitations peuvent être abondantes.

B)- LES TEMPS DE NORD-EST

1- Le type de Nord-Est sec

Le 26 Mai 1957, à 0 h T.U. (R p. 461-462), une dorsale chaude est établie sur le Proche Océan ; de la Scandinavie à l'Espagne, une coulée d'air froid est associée à une vallée. Au sol, la perturbation Y4 traverse la Normandie. Le flux est assez rapide, le vent est fort : 25 noeuds à Cherbourg (45 km/h). Aucune précipitation.

En effet :

- 1°- la perturbation est peu active,
- 2°- cet air continental est froid et sec,
- 3°- des hautes pressions recouvrent la Normandie, tant au sol qu'en altitude.

La nébulosité est assez faible à l'arrière du front. Le temps est un compromis entre un temps perturbé et un temps anticyclonique. Les températures sont légèrement inférieures à la moyenne, surtout à Cherbourg.

2- Le type de Nord-Est froid et humide

La principale différence avec le cas précédent vient des basses pressions en altitude (Carte R p. 463-464). Une coulée froide vient de Scandinavie, mais son axe est exactement au-dessus de la Normandie. Il est matérialisé par la goutte froide (-35°) associée à une dépression (532 dam) située sur la Seine-Maritime. Au sol, cette petite dépression est très légèrement décalée vers l'Ouest. Elle marque l'extrémité d'une occlusion. Celle-ci stagne au-dessus de la Normandie toute la journée. Si l'air est froid et contient peu d'humidité, d'autres conditions expliquent les précipitations (neige) beaucoup plus importantes :

- 1°- stagnation de l'occlusion au-dessus de la Normandie,
- 2°- petite dépression au sol,
- 3°- axe d'une vallée froide et goutte froide en altitude sur la Normandie.

Les précipitations en 24 h (nuit du 15 et 16) atteignent :

2,1 mm à Rouen-Rouvray,
6,4 mm à La Hève,
5,5 mm à Caen,
2,3 mm à Alençon.

A Rouen, 0,8 mm sont tombés en 7,5 h. On note de 4 à 7 centimètres de neige sur le sol. Et dans quelques endroits, davantage encore.

Les températures sont extrêmement basses, surtout dans l'Est de la Normandie (l'occlusion stagnant au centre) :

	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Rouen	- 6°	- 4°8
La Hève	- 6°8	- 1°8
Alençon	- 7°	- 1°3
Caen	- 3°1	+ 1°
Cherbourg	+ 1°	+ 3°5

Dans la plus grande partie de la Normandie, les températures ont été inférieures à 0° toute la journée.

Ce type de temps commandé par la coulée froide ou la goutte froide d'altitude est également fréquent en été, mais beaucoup plus arrosé, car l'air contient davantage d'humidité.

Le 21 Juillet 1966 (R p. 465-466), par exemple, les précipitations ont atteint en 24 h (nuit du 20 et journée du 21) :

15 mm à Rouen-Rouvray,
5,6 à La Hève,
15,8 à Caen,
4,9 à Alençon,
16,7 à Cherbourg-Chantereyne.

Les maxima sont extrêmement bas :

	<u>Tn</u>	<u>Tx</u>
Rouen	14°9	16°4
La Hève	13°4	15°
Caen	13°6	14°2
Alençon	14°	16°2
Cherbourg	14°	16°3

L'amplitude est faible. L'insolation est nulle.
En somme, un temps d'été déplorable, froid et humide.

Lorsque cette dépression froide glisse vers le Sud-Ouest, on peut passer facilement à un temps de Sud-Est : le 28 Avril 1957 (R p. 467 et 468). En altitude, la Normandie est à la limite des deux directions, au bord Nord de la dépression. Au sol, le Nord de la Normandie reçoit un air de Nord-Est froid ; le Sud, un air beaucoup plus chaud de Sud-Est.

L'occlusion marque la limite de ces deux masses d'air ; elle stagne au-dessus de la région d'Alençon dont la station est fortement arrosée : 17 mm. On voit ainsi le passage d'un temps de Nord-Est à un temps de Sud-Est, nettement plus chaud au printemps.

*

* *

III- LES TEMPS PERTURBES DE SUD-EST *****

Les temps de Sud-Est atteignent rarement la Normandie. Les perturbations arrivent à bout de course et peu actives. La direction devient primordiale pour expliquer la température. En été, l'air vient du continent surchauffé et les perturbations ne sont pas suffisamment acti-

ves pour engendrer une forte nébulosité, la chaleur est donc importante. En hiver, au contraire, l'air continental de Sud-Est est très froid.

Ces temps sont peu nombreux, et les moyennes ont simplement une valeur indicative.

12 cas en hiver,

13 en été.

La période est la même que pour les autres types de temps.

Températures en été par trajectoire de Sud-Est

	<u>In</u>	<u>Ix</u>
Cherbourg	13°2	18°3
Pointe du Roc	13°4	21°1
Caen	12°9	21°6
Alençon	14°8	25°5
La Hève	13°6	21°8
Rouen	13°7	25°4

Ce qui frappe, dans ce tableau, c'est le large éventail des températures : le Sud et l'Est sont plus chauds. La Hève est plus chaude que la Pointe du Roc. Cela s'explique aisément par la direction de la masse d'air chaud qui vient du Sud-Est.

Les pluies sont importantes.

Répartition des précipitations en été

	<u>Quantité</u>	<u>% des jours</u>	<u>Quantité par jour</u>
		<u>pluvieux</u>	<u>de précipitations</u>
Cherbourg	3,6 mm	57 %	6,7 mm
Pointe du Roc	3,3	62 %	5,4
Caen	3,5	54 %	6,6
Alençon	7,4	54 %	13,7
La Hève	5,7	46 %	12,3
Rouen	4,5	38 %	11,6

Alençon est la station la plus arrosée par temps de Sud-Est. Le pourcentage des jours pluvieux a tendance à baisser dans l'Est de la Normandie, mais la quantité de pluies est énorme. Cette région est en effet plus chaude, ce qui favorise les phénomènes d'instabilité ; d'autre part, l'ascendance de l'air doit culminer car l'air de Sud-Est, le plus souvent d'origine tropicale, glisse rapidement au-dessus d'un air plus froid installé dans la partie Ouest de la Normandie ou sur la Manche.

En hiver, les précipitations faiblissent.

Répartition des précipitations en hiver

	<u>Hauteur</u>	<u>Pourcentage des</u> <u>jours pluvieux</u>	<u>Quantité par</u> <u>jour pluvieux</u>
Cherbourg	3,1	50 %	6,2
Pointe du Roc	1,5	8 %	18
Caen	0,7	25 %	3
Alençon	0,7	42 %	1,8
La Hève	2	33 %	6
Rouen	3,6	33 %	10,8

La dernière colonne n'a guère de valeur. Il n'a plu en effet qu'une seule journée à la Pointe du Roc : 18 mm. Elle souligne simplement l'existence de précipitations qui peuvent être assez violentes, mais qui restent localisées. Les jours de pluie sont plus rares qu'en été. Cela s'explique en partie par les températures basses de l'hiver (moins d'humidité ; et stabilité plus grande de la masse d'air).

Températures en hiver

	<u>In</u>	<u>Pourcentage des</u> <u>jours de gel</u>	<u>Tx</u>	<u>Pourcentage des</u> <u>jours sans dégel</u>
Cherbourg	0°1	42 %	4°8	8 %
Pointe du Roc	- 0°8	50 %	3°9	33 %
Caen	- 2°5	67 %	2°5	48 %
Alençon	- 3°3	58 %	2°3	33 %
La Hève	- 1°5	58 %	2°6	48 %
Rouen	- 1°8	75 %	2°3	33 %

Dans la moitié Ouest de la Normandie, les temps de Sud-Est sont les plus froids. La masse d'air effective en effet un trajet très continental, et l'influence de la mer est excessivement réduite. Le pourcentage des jours de gel (sauf dans la Manche) est plus faible que par temps de Nord-Est. Il existe quelques cas où les températures sont plus élevées. Les maxima sont bas et varient assez peu d'un endroit à l'autre. Les journées sans dégel sont fréquentes, en particulier à Caen.

L'hiver, par temps de Sud-Est, est donc froid, moyennement arrosé ; l'été est chaud et arrosé, surtout à Alençon.

On distingue deux types de Sud-Est. L'un, lié au morcellement d'une coulée de Nord-Est, est en hiver beaucoup plus froid. L'autre correspond au Sud-Ouest froid lorsque la vallée garde sa direction Nord-Ouest - Sud-Est. L'air remonte alors avec une trajectoire de Sud-Est. L'exemple de Janvier 1955 permet d'étudier successivement les deux cas.

1- Le temps de Sud-Est en hiver

Le 3 Janvier 1955, la coulée se morcelle. La carte R p. 469 montre l'existence d'une dépression à 536 dam ;

au Sud de la Normandie. La perturbation 45 a progressé vers le Nord-Est. L'occlusion se dirige rapidement vers le Nord-Ouest (carte des noyaux de pression R p. 470). L'air continental freine peu à peu l'occlusion (R p. 471). En altitude, au contraire, la masse chaude s'élève rapidement au-dessus de l'air froid qui stagne sur le sol. Désormais, la goutte froide glisse progressivement vers l'Ouest et se joint à une coulée froide de Nord-Ouest. Le 5, une vallée froide s'étend en altitude sur le Proche Océan. Aussi l'air chaud remonte-t-il sur la Normandie. La situation est donc totalement différente de celle du 3.

Au sol, le 4 Janvier 1955, au matin (R p. 473), une dépression stationne sur la Méditerranée et dirige un air continental froid vers la Normandie.

En altitude, la Normandie reste en partie surmontée d'air froid. La dépression qui correspond à la goutte est située au Sud de la Bretagne. Elle n'a pas encore une influence sur les températures mais elle favorise les phénomènes d'ascendance.

Le 6 Janvier (R p. 474-475), la situation peut paraître assez semblable. L'occlusion traverse la Normandie, l'air vient toujours du Sud-Est, mais c'est la dépression D'7, centrée sur le Golfe de Gascogne, qui dirige désormais la masse d'air ; elle est, de ce fait, moins froide. La situation s'apparente du reste à un phénomène de blocage à une seule différence près : les occlusions traversent assez rapidement la Normandie.

Comparons les deux exemples :

	<u>Cherbourg</u>	<u>Pointe du Roc</u>	<u>Caen</u>	<u>Alençon</u>	<u>La Hève</u>	<u>Rouen</u>
<u>Avant le passage de l'occlusion maxima</u>						
1er cas le 3	3°	0°	- 1°	- 2°	- 1°	- 2°
2ème cas le 5	+ 4°	5°	2°	2°	1°	2°
<u>Minima pendant la nuit</u>						
1er cas	- 1°	- 2°	- 3°	- 3°	- 3°	- 3°
2ème cas	4°	3°	0	†	0	0
<u>Après le passage de l'occlusion : maxima</u>						
1er cas le 4	3°	3°	- 1°	- 1°	0	1°
2ème cas le 6	6°	6°	3°	3°	4°	4°

Le deuxième exemple est donc nettement plus chaud que le premier, en raison de l'origine "océanique" de l'air qui a été moins refroidi, lors de son passage sur le continent. Donc, la nuit du 4 au 5, la Normandie a connu une période de calme relatif entre les deux perturbations. Le ciel était clair sur une bonne partie de la province. Le rayonnement nocturne était favorisé par la faiblesse des vents de Sud-Est. Les minima de température sont descendus très bas :

- 1° à Cherbourg et à la Pointe-du-Roc (l'occlusion
- 3° à Rouen (la station était encore s'approche)
- influencée par le passage de l'occlusion précédente),
- 6° à La Hève,
- 10° à Caen,
- 13° à Alençon.

Ces températures s'apparentent à celles des temps anticycloniques bien que la pression soit inférieure à 1015 milligars. Les précipitations, assez importantes dans les deux cas, sont fort variables selon les endroits. En

24 heures (nuit et journée), il est tombé :

	<u>1er cas</u>	<u>2ème cas</u>
Cherbourg	13	7
Pointe du Roc	0	18
Caen	2	4
Alençon	4	2
La Hève	5	4
Rouen	10	5
	neige	pluie

L'instabilité vient de la proximité de la dépression au sol, de la situation en altitude (goutte froide ou partie avant d'une vallée), du passage de l'occlusion, du contraste thermique important créé par l'air chaud qui se glisse au-dessus de la pellicule d'air très froid.

En hiver, la masse d'air chaud n'arrive donc pas en Normandie.

En été, par contre, la masse d'air chaud pénètre largement sur notre région.

2- Temps de Sud-Est en été

La situation est assez analogue au deuxième cas que nous avons étudié : une goutte froide couvre, le 10 Juin 1966 (R p. 476-477), le Nord de l'Espagne et le Golfe du Lyon. Une remontée d'air chaud de Sud-Est arrive donc sur la France. La grande différence vient de l'advection d'air chaud qui s'étend du Sahara à la Grande-Bretagne, au niveau du sol.

Ceci explique les températures fort élevées que l'on observe surtout en Normandie, sauf à Cherbourg :

Rouen et Londres	28°
Alençon	25°
La Pointe du Roc	25°
Caen	26°
Cherbourg	20°

Les phénomènes d'instabilité sont identiques à ceux de l'hiver, mais il n'existe pas de glissement de la masse d'air chaud au-dessus d'un air froid. En revanche, l'instabilité paraît imputable à la chaleur. Il est tombé 33 mm à Beauvais, par exemple. Les stations côtières sont parfois très arrosées : 4 mm à Cherbourg et à La Pointe du Roc, 23 mm au Tréport (refroidissement assez brutal de la masse d'air au voisinage de la côte).

Cet exemple nous montre du reste toute la complexité des temps de Sud-Est.

*

* *

IV- UNE DÉCADE DE TYPES DE TEMPS FROIDS *****

Ce type de temps est assez rare ; il a donc été très difficile de trouver 10 jours de temps froids. La dernière décade de Décembre 1970 nous est apparue comme le meilleur exemple. Voici l'analyse quotidienne.

Le 21, temps perturbé de Nord.

22, anticyclone de Nord. Mais c'est un anticyclone recouvert d'une coulée froide et il s'apparente en partie à un type de Nord. Il pourrait être considéré comme un temps de traîne de type perturbé précédent. Il y a quel-

ques averses de pluie ou de neige.

23, 24, temps de Nord.

25, anticyclone d'Est : En altitude, il y a une coulée froide qui restera sur l'Europe jusqu'à la fin du mois.

Le 26 et le 27, un temps de Nord-Est.

Le 28 et le 29, le temps est plus difficile à définir car la Normandie, située dans l'axe de la coulée, subit l'influence de l'occlusion qui suit une trajectoire de Sud-Ouest très méridionale. Aussi estimons-nous que le 28 on a un Sud-Ouest froid, le 29 un Nord-Est. Mais la détermination est assez difficile à faire. Le 30 et le 31, le temps est davantage influencé par les perturbations de Nord-Est.

Pour les températures, nous garderons la moyenne des 11 jours. Pour les précipitations, nous excluons le 25 pour n'avoir que 10 jours comme dans les autres cas.

La carte de la moyenne des maxima de température (R p. 478) est peu contrastée : la quasi-totalité de la Normandie connaît des températures comprises entre -1° et $+2^{\circ}$. L'Est de l'Orne, de l'Eure, le Pays de Bray sont les régions les plus froides. Le Cotentin est le plus chaud. Nous sommes étonnée des 5°9 relevés à Tancarville. L'abri météorologique est bien au-dessus de la vallée et peut échapper à la stagnation de masses d'air froid. Il est situé sur une pente et il est possible qu'il y ait réchauffement par effet de foehn, mais nous citons ce chiffre avec beaucoup de réserves.

La carte de la moyenne des minima (R p. 479) montre trois bandes concentriques, parallèles à la côte :

- une bande intérieure - 5° à - 6°
- une bande médiane - 3° à - 4°
- une étroite frange côtière - 2°
- et bien entendu le Nord du Cotentin, toujours plus chaud.

Les écarts sont importants : 8°2 entre Gatteville et Buchy. Les températures les plus basses surviennent les 26, 27, 28, mais surtout le 31. La température la plus basse a été de :

- 2°2 à Gatteville (La Hague)
- 15°3 à Alençon
- 17°1 à Argentan
- 17°2 à Bellou-en-Houlme.

Le pôle du froid est donc situé dans l'Orne. Au Nord de la Seine, la température la plus basse :

Etrépagny : - 11°8.

Dans le Pays d'Houche et la Plaine de Saint-André, les minima ont varié entre - 11 et - 14°.

Les précipitations (R p. 480) tombent surtout sous forme de neige : l'Est de la Normandie a été la partie la moins arrosée. La couche de neige varie entre 3 et 6 cm.

Les précipitations les plus abondantes se retrouvent sur la Côte Nord ou Est : c'est la seule région de Normandie qui reçoive un air de Nord-Est venant de la mer.

A Cherbourg-Maupertus, la hauteur de la couche de neige atteint 39 cm.

La nébulosité est très importante : de 4 à 6 jours sans soleil.

Seule, la station d'Alençon compte deux jours où l'insolation est supérieure à 5 h. Il n'y a eu aucun jour d'insolation continue en Normandie.

Le verglas a été fréquent. On a dû rentrer le bétail. Ce type de temps reste très exceptionnel en Normandie.

CONCLUSION DE L'ÉTUDE DES TYPES DE TEMPS

La température est essentiellement fonction de la direction des isobares et de la trajectoire des perturbations. L'abondance des précipitations dépend des facteurs suivants :

- la rapidité de l'évolution de la perturbation et de l'ascendance de l'air chaud,
- la présence d'une dépression qui accompagne la perturbation,
- la stagnation d'un front,
- la situation en altitude.

Dans l'ensemble, un type de temps chaud en hiver le sera en toute saison et vice-versa, à l'exception :

- des temps anticycloniques de secteur Est ou Sud-Est,
- des blocages,
- des marais barométriques,
- des perturbations de secteur Sud-Est.

Pendant la saison froide, les côtes et la partie Ouest de la Normandie reçoivent dans l'ensemble davantage de pluie.

En raison du refroidissement de l'air maritime sur le continent, les phénomènes de blocage sont fréquents. En été, c'est l'inverse : l'instabilité est favorisée à l'intérieur, surtout par type de marais barométrique. Mais l'étude de la répartition et de la durée des types de temps au cours de l'année permettra de mieux apprécier ce phénomène.

C h a p i t r e X

LA RÉPARTITION DES TYPES DE TEMPS AU COURS DES SAISONS ET AU COURS DE L'ANNÉE MOYENNE.

Examinons maintenant la répartition des types de temps au cours des diverses saisons.

Plusieurs questions se posent :

- Existe-t-il une corrélation entre les types de temps distingués précédemment et la moyenne des températures et des précipitations ?

- Les types de temps se succèdent-ils selon un certain ordre ?

- Quelle est leur durée moyenne ?

Ces études permettront d'arriver à la notion générale d'année moyenne et de voir les conditions qui expliquent les temps exceptionnels.

Nous traiterons successivement :

I- La répartition des types de temps au cours des saisons.

II- L'année-type.

III- Les temps exceptionnels.

*

* *

I- LA REPARTITION DES TYPES DE TEMPS AU COURS DES SAISONS

Un tableau des types de temps a été dressé (pages Rp 481-531). Il reprend la classification définie aux chapitres précédents :

- A- Types anticycloniques
- MA- Marais barométriques
- B : Blocages
- CE : Temps perturbés chauds à trajectoire éloignée
- CP : Temps perturbés chauds à trajectoire proche
- R : Temps perturbés (trajectoire au-dessus de la Normandie)
- F : Temps perturbés froids (trajectoire au Sud de la Normandie).

Les récapitulations mensuelles mettent en évidence les types de temps intéressants pour déterminer la chaleur ou la pluviosité du mois.

A- L'HIVER

Pour les vingt hivers de 1951 à 1970, la répartition des types de temps s'effectue ainsi :

- A : 24 %
- B : 8 %
- MA : 0 %
- CE : 9 %
- CP : 17 %

R : 20 %

F : 21 %.

Il y a peu de différences entre Décembre et Janvier, mais en Février les temps perturbés chauds (CE et CP) sont un peu moins nombreux ; les anticyclones et les temps perturbés froids plus fréquents. L'invasion de l'air froid au sol et en altitude est plus importante en Février. Ce phénomène compense la plus forte insolation.

	<u>Température moyenne</u>		<u>Insolation</u>	
	<u>Janvier</u>	<u>Février</u>	<u>Janv.</u>	<u>Février</u>
Caen-Carpiquet	4°1	4°4 (51-70)	75 h.	94 (1956-70)
Alençon	3°3	4°	53	77

Il existe une corrélation entre le nombre de cas de CE+CP+R et la température moyenne du mois en hiver. Ce coefficient atteint pour les 60 mois d'hiver (un ajustement a été fait pour Février) :

0,56 à Caen-Carpiquet pour la période 1951-1970 (la valeur extrême réalisée par le hasard sans corrélation pour 60 paires de valeur est de 0,33). La corrélation est donc importante.

Pour les précipitations, il existe une corrélation entre la quantité et le nombre de CP+R+F.

Le coefficient à Caen est de 0,44 pour les 60 mois d'hiver. La corrélation est plus faible que pour les températures.

Ces corrélations sont simples ; elles sont valables pour l'ensemble de la Normandie. Elles pourraient être améliorées ; par exemple, pour des stations du Cotentin,

on pourrait ajouter les cas B. Les phénomènes de blocage provoquent beaucoup de pluie dans cette région.

Pour la période 1951-1970, le nombre de cas est de :

CP+R+F =	354 en Décembre	CP+R+F+B =	416
	356 en Janvier		405
	332 en Février		374

La pluviosité diminue d'Ouest en Est (peu arrosé en cas de blocage) :

Auderville (La Hague)	85 mm	Caen-Carpiquet	96 en Décembre
	73		65 en Janvier
	58		61 en Février
Deauville-St. G.	79 en Décembre		
	71 en Janvier		
	59 en Février.		

Décembre est moyennement froid. Les types de temps anticycloniques ou les temps perturbés très arrosés dominent dans la première décade. Au cours des deux décades suivantes, les anticyclones sont moins fréquents. Dans la décade de Noël, des types de temps doux l'emportent. La première décade de Janvier compte toujours beaucoup de types de temps pluvieux mais plus froids. A partir de la deuxième décade de Janvier jusqu'à la première décade de Mars, types de temps anticycloniques et types de temps pluvieux, plus ou moins froids, se succèdent. La deuxième décade de Janvier et la première de Mars sont les plus froides de l'année. La part des anticyclones est importante et cette période risque d'être souvent sèche.

La durée d'un même type de temps est faible.

Moyenne de la durée d'un type de temps en hiver

	A	B	MA	CE	CP	R	F
Décembre	3 j	2,3	1	1,6	2	2,3	2,5
Janvier	3,1	2,3	1	1,8	2	2,2	2,7
Février	3,6	2,7	1	2,2	2	2,6	2,9
Hiver	3,2	2,4	1	1,8	2	2,3	2,7

A l'exception des temps de marais barométriques (exceptionnels en hiver), plus le temps est froid, plus il dure longtemps.

Existe-t-il un ordre dans la succession des types de temps ? Non, sauf pour quelques types.

CESW est assez souvent précédé par A et suivi par CPSW
ou par CPSW et suivi par A.

CEW	précédé par A et suivi par autre CE
	" " "
CENW	" A " autre CE
CPSW	" CESW " RSW
CPW	" " RW
	RNW

RSW	précédé de CPSW suivi de FSU
	CPSW
RW	CP F
RNW	CP
FSW	FW CPSW
FW	R

FNW	précédé par	RW	suivi de	A
N		F		A
		RNW		
NE				A
SE		A		
B		A		CPNW
				F

Cette extrême variété provient des divers types d'évolution possible :

1°- Les perturbations contournent un anticyclone ou une vallée. On distingue alors deux cas :

- la trajectoire reste à la même distance de la Normandie ; à un CEW, par exemple, succède un CENW ;
- la trajectoire se rapproche (cas le plus fréquent) ou s'éloigne (à un CEW succède un CPNW).

2°- Un glissement se joue d'Ouest en Est (pour les dorsales et les vallées), ou de Nord au Sud, ou vice-versa pour les temps zonaux ; la trajectoire se rapproche ou s'éloigne sans que les directions changent : CEW, puis CPW, puis RW, puis FW, et le mouvement s'inverse.

3°- Un mouvement zonal peut être modifié par une coulée froide ou une coulée chaude : un temps de Nord-Ouest succède à un temps d'Ouest si une coulée froide survient.

En résumé, l'hiver est doux ; près d'un jour sur deux, la Normandie est soumise à des temps perturbés chauds ou rapides. Il est assez pluvieux : la trajectoire est au-dessus ou à proximité de la région 6 jours sur 10. Les cas de blocage sur la moitié Ouest de la Normandie renforcent

cette tendance. La succession des types de temps est assez rapide. (Croquis R p. 532).

B- LE PRINTEMPS

Les types de temps pendant les vingt printemps se répartissent ainsi :

A	:	29 %
B	:	10 %
MA	:	4 %
CE	:	8 %
CP	:	15 %
R	:	14 %
F	:	20 %

Les anticyclones, les blocages et les marais barométriques sont plus nombreux qu'en hiver. La circulation rapide au-dessus de la région même est, par contre, beaucoup plus rare.

Les mois de printemps (Recueil p. 532) ont une répartition bien différente de celle de l'hiver.

La deuxième et la troisième décades de mars ont des temps légèrement différents de la première, très froids : blocages et temps très pluvieux sont à peu près à égalité avec les temps perturbés froids. Les jours plus doux sont fréquents.

Les anticyclones, déjà nombreux en Février, augmentent jusqu'en Avril. Le type de marais barométrique apparaît, la chaleur commence à s'installer et le gradient barométrique

que diminue. Les types de temps perturbés chauds sont moins nombreux qu'en Décembre et Janvier. Les types de temps dont la trajectoire traverse la région sont beaucoup plus rares. C'est la saison où la circulation zonale en altitude est la plus faible. Par contre, les temps froids avec coulées sont encore fréquents. Du début Avril jusqu'à la première décade de Juin, les types de temps perturbés froids (les giboulées) et les anticyclones (plus ou moins chauds selon la provenance de l'air) alternent.

Les types de temps perturbés chauds sont donc plus rares qu'en hiver. La chaleur du printemps dépendra avant tout du pourcentage d'anticyclones chauds qui viennent du secteur Sud-Est à Sud-Ouest essentiellement. La très forte variation de température d'un mois à l'autre empêche d'établir des corrélations.

Pour les précipitations, on retrouve la même corrélation entre la pluviosité des 60 mois et les mêmes types de temps qu'en hiver CP+R+F : le coefficient atteint 0,55. La corrélation est un peu plus forte qu'en hiver.

Les pluies au printemps sont plus faibles qu'en hiver :

1°- parce que le nombre des temps CP+R+F est plus petit (49 % au lieu de 58 %) ;

2°- parce que l'Océan est froid en cette saison. A partir d'Avril, le continent devient plus chaud. Les masses d'air maritime se réchauffent en traversant la Normandie. C'est une situation peu favorable à une forte pluviosité. La chaleur du sol n'est pas encore suffisante, en effet, pour accroître les pluies par convection. Et l'advection dans

l'ordre : mer froide - continent plus chaud, est défavorable à la condensation.

La durée moyenne des types de temps n'est guère différente de celle de l'hiver.

Moyenne de la durée d'un même type de temps au printemps

	A	B	MA	CE	CP	R	F
Mars	3,2 j	2,8	1,1	1,6	2,2	2,1	2,8
Avril	3,2	1,5	1,3	1,4	2	1,8	2,6
Mai	2,7	2,3	1,5	1,3	2	2,1	2,1
Printemps	3	2,3	1,4	1,5	2	2	2,6

Quelques changements apparaissent, surtout en Mai : la durée moyenne d'un type de temps anticyclonique, des temps CE et F diminue.

Pour les temps CE, il y a sans doute un lien avec la diminution du nombre de cas.

Pour les anticyclones et les temps F, la diminution de la durée est sans doute liée au réchauffement progressif de l'air froid. L'air froid, lourd, est un élément favorable à la stabilité du temps.

Voici quelques différences avec l'ordre de succession des types évoqués en hiver.

Les CE sont suivis de types de temps plus variés qu'en hiver.

Les CP sont plus fréquemment précédés par les anticyclones qu'en hiver.

RW est plus souvent suivi d'un anticyclone et non par F.

Les anticyclones sont précédés, par ordre décroissant :

1°- par un temps F,

2°- par un temps R.

Ils sont suivis :

1°- par un blocage,

2°- un temps CE,

3°- un temps CP.

Les anticyclones apparaissent davantage liés à une traîne qu'en hiver où ils sont consolidés, pour la plupart, par la masse d'air refroidi par le sol. Le temps perturbé a traversé la France ; il est suivi, par l'avant, d'une dorsale liée à un anticyclone. La dorsale passée, un air chaud arrive.

A l'exception des FNE qui semblent coincés entre deux anticyclones, les temps froids sont précédés ou suivis de temps variés.

En résumé, l'originalité du printemps par rapport à l'hiver est la diminution des temps susceptibles d'engendrer des pluies.

C- L'ÉTÉ

Les types de temps pendant les vingt étés se répartissent ainsi :

A	:	31 %
B	:	6 %
MA	:	9 %
CE	:	6 %

CP : 16 %

R : 17 %

F = 13 %

De la deuxième décade de Juin jusqu'à la troisième décade d'Octobre, les anticyclones et les temps perturbés chauds moyennement pluvieux se succèdent.

La proportion des anticyclones est légèrement supérieure (remontée des masses d'air chaud). Les marais barométriques sont plus fréquents : dans les anticyclones chauds, la chaleur du sol provoque le réchauffement de la masse d'air, son instabilité, et par conséquent une baisse de pression.

La proportion des blocages diminue : l'air chaud, même anticyclonique, forme une barrière plus fragile qu'un air plus froid. Le nombre de cas de temps de type F est bien moindre : l'importance de l'air chaud sur nos régions freine l'extension vers le Sud des courants de perturbations. Ceux-ci affectent des latitudes plus septentrionales que la Normandie à la limite de l'air chaud et de l'air froid.

Dès le mois d'Août, la proportion des anticyclones diminue. Les temps perturbés R augmentent, liés à l'importance de la circulation zonale. Quelques périodes plus arrosées apparaissent : période du 15 Août.

La durée moyenne des types de temps ne varie guère.

Moyenne de la durée d'un même type de temps en été

	A	B	MA	CE	CP	R	F
Juin	3,1 j	2,3	2,2	1,9	2,2	2,3	2,3
Juillet	2,7	1,9	2,5	1,7	2,4	2,2	2,3
Août	2,7	1,5	1,9	1,6	2,3	2,5	1,9
Été	2,9	2	2,1	1,8	2,3	2,4	2,2

La succession des types est encore plus variée qu'en aucune autre saison, mais il n'existe pas de changement fondamental entre l'été et le printemps. Une seule exception, les blocages ne sont plus suivis de temps perturbés froids et ceci pour deux raisons :

1°- le nombre de temps perturbés froids est plus faible ;

2°- en hiver ou au printemps, les masses d'air froid subsistaient plus longtemps sur le Nord de l'Europe ; d'où le passage méridional des perturbations. En cette saison, les blocages s'expliquent exclusivement par la présence d'une crête chaude en altitude qui se déplacera progressivement vers l'Est.

Comme pour les autres saisons, une corrélation existe entre le nombre de CP+R+F et la quantité des précipitations des soixante mois d'été. Le coefficient est encore plus élevé qu'au printemps ; il atteint 0,61. Peut-on expliquer ce phénomène ? Le passage des masses d'air maritime de l'océan froid sur un continent chaud ne favorise pas les grandes quantités de pluie. La pluviosité des fronts chauds est très liée à la durée de passage de la masse d'air saturée. Les phénomènes d'instabilité dus à l'échauffement de la masse d'air par le sol peuvent provoquer des pluies abondantes, mais ces cas sont rares.

Pour les températures, on peut établir une corrélation entre le nombre des temps les plus chauds, c'est-à-dire A+MA+CE+CE+SE et la température moyenne des 60 mois d'été ; à Caen, r = 0,40. Ce coefficient n'est pas très

élevé : les anticyclones provoquent des temps assez variés.

D- L'AUTOMNE

Les divers types de temps se répartissent ainsi :

A	:	24 %
B	:	10 %
MA	:	3 %
CE	:	12 %
CP	:	26 %
R	:	16 %
F	:	14 %

La première décade de Septembre reste ensoleillée.

La deuxième et la première d'Octobre risquent de compter un peu plus de cas pluvieux. A partir de Novembre, tout change. La première décade est le plus souvent froide et pluvieuse : "un vrai temps de Toussaint". Puis le temps s'améliore progressivement vers la fin du mois. Les anticyclones ont désormais leur caractère hivernal.

Les anticyclones et les marais barométriques deviennent un peu plus rares. Le croquis Rp 532 montre que cette diminution intervient surtout en Novembre, mois où le nombre de CP+R+F est le plus élevé, mois le plus arrosé de ces vingt années, à Caen. Le nombre de temps perturbés froids reste faible (l'air chaud, en altitude, recouvre la Normandie jusqu'au Novembre). Le coefficient de corrélation entre le nombre de CP +R+F et la quantité des pluies à Caen pendant ces soixante mois d'automne atteint 0,50. La corrélation

est donc bien établie, mais elle est inférieure à celle de l'été : l'influence de l'océan est déterminante ; l'océan est chaud, l'air maritime très chargé d'humidité et le continent se refroidit progressivement. La pluviosité est donc forte. Les variations importantes des précipitations pour un même type de temps expliquent ce coefficient plus faible qu'en été.

Les différences de température entre Septembre et Novembre sont trop grandes pour que l'établissement d'une corrélation entre température et type de temps soit possible. L'automne est une saison douce en Normandie. Le froid est assez rare jusqu'en Novembre. C'est la seule saison où les anticyclones sont précédés essentiellement par des temps perturbés chauds. Les blocages sont suivis par des types de temps R et non F.

Les temps RW et RSW, précédés par des temps CP, aboutissent à des temps anticycloniques.

La durée des types de temps est semblable à celle de l'été. Les blocages et les temps perturbés froids, plus nombreux, durent un peu plus longtemps. Il faut souligner la brièveté des types, remarque que P. PEDELABORDE avait déjà faite dans sa thèse sur Le Climat du Bassin de Paris.

Le Croquis R p. 532 souligne ce que nous avons dit à plusieurs reprises : 6 mois froids où il y a au moins 20 % de temps perturbés froids, de Novembre à Avril ; le mois de Novembre forme une transition brusque entre les deux saisons ; 5 mois chauds de Juin à Octobre. Le mois de Mai est un peu à part ; la transition au printemps est beaucoup plus lente

qu'en automne.

*

II- L'ANNÉE-TYPE *****

Les types sont (à peu près) communs à toute la Normandie. Nous allons examiner, de décade en décade, les deux types de temps les plus fréquents au cours de ces vingt ans.

Types de temps dominant et sous-dominant pendant la période 1951-1970 dans chaque décade

		<u>Dominant</u>	<u>Sous-dominant</u>
Décembre	1ère décade	A	R
	2ème décade	F	R
	3ème "	F	CP
Janvier	1ère décade	F	R
	2ème "	A	B
	3ème "	A	R et F
Février	1ère décade	A	R
	2ème "	F	A
	3ème "	A	R
Mars	1ère décade	A	F
	2ème "	A	B puis F
	3ème "	F	A et R
Avril	1ère décade	A	F
	2ème "	A	F
	3ème "	A	F
Mai	1ère décade	A	F
	2ème "	A	R puis F
	3ème "	A	F
Juin	1ère décade	A	F
	2ème "	A	MA
	3ème "	A	CP

Juillet	1ère décade	A	CP
	2ème "	A	CP
	3ème "	A	CP
Août	1ère décade	A	CP et F
	2ème "	R	A
	3ème "	F	R
Septembre	1ère décade	CP	A
	2ème "	A	R puis CE
	3ème "	A	CP
Octobre	1ère décade	A	R
	2ème "	A	CP
	3ème "	A	CP
Novembre	1ère décade	R	F
	2ème "	F	A puis CP
	3ème "	A	CP

Peut-on comparer la période 1958-60 pendant laquelle on a entrepris des recherches très précises et la période 1951-70 ?

Pourcentage des types de temps pendant la période 1958-60

	A	B	MA	CE	CP	R	F	CE+R+CP+ R+F
Hiver	29	7		7	16	25	15	56 (58)
Printemps	27	16	6	6	16	10	20	46 (49)
Eté	35	9	5	3	20	20	9	49 (48)
Automne	28	13	2	9	17	18	14	49 (50)

Pendant cette période, l'hiver est légèrement plus chaud et arrosé (58-60). Le pourcentage des temps pluvieux est très légèrement inférieur à celui de 1957-70, mais le

pourcentage des R (temps les plus arrosés) est plus important : 25 % au lieu de 20. Les deux mois les plus humides, Décembre et Janvier, ont un pourcentage plus élevé de temps CP+R+F, ou semblable :

en Décembre 67 % au lieu de 57 %

Janvier 58 % dans les deux cas.

Le pourcentage de temps chaud atteint 48 % au lieu de 46 %.

Au printemps, les différences sont faibles : un peu plus de blocage, un peu moins de temps perturbés R.

En été, il y a un peu plus d'anticyclones et de cloages, un peu moins de marais barométriques, les temps perturbés sont un peu plus chauds.

L'automne, plus chaud et plus arrosé, a un pourcentage des temps perturbés assez voisin : il y a légèrement plus de temps pluvieux R 18 % au lieu de 16 %, un peu plus de blocages. Le plus grand nombre d'anticyclones est compensé par le plus petit nombre de temps perturbés chauds CE peu pluvieux.

En résumé, de faibles différences dans la répartition des types de temps au cours des diverses saisons : la période 1958-1960 est assez représentative de la période 1951-1970.

III- LES TEMPS EXCEPTIONNELS *****

Dans le chapitre précédent, nous avons essayé de définir les types de temps les plus fréquents au cours de l'année. Mais il y a parfois des exceptions : froids ou sécheresses prolongées, tornade ...

Pendant ces vingt années, nous étudierons quelques types de temps exceptionnels.

A- FORTES CHALEURS OU GRANDS FROIDS

Peut-on parler de fortes chaleurs en Normandie ? Le maximum relevé pendant vingt ans atteint :

38° le 1er Juillet 1952 à Rouen-Rouvray (type de CESW).

La période de temps chaud a commencé le 24 Juin 1952. Un anticyclone d'air tropical maritime recouvre la Normandie : l'air devient de plus en plus continental et les queues de front ne refroidissent guère le temps. Mais dès le 2 Juillet, les températures baissent. La Hève a 36° le 1er et 22° le 2 Juillet.

Les maxima de températures

	<u>Cherbourg</u>	<u>Caen</u>	<u>Rouen</u>	<u>Alençon</u>
24 Juin 1952	18	22	23	26
25	18	22	22	28
26	18	25	26	27
27	19	24	28	27
28	24	27	30	31
29	21	30	33	32
30	22	27	34	34
1er Juillet	32	37	38	
2	20	25	29	28

Ces fortes chaleurs n'ont duré que 4 jours et uniquement à l'intérieur de la Normandie.

Depuis 1948, jusqu'en 1973, on ne relève aucune chaleur exceptionnelle. Le dernier été, très chaud, remonte à 1947 où l'on a compté à Rouen-Rouvray :

5 jours à températures égales ou supérieures à 30° en Juin	
9	Juillet
10	Août

La moyenne la plus forte des maxima est égale à 27°9 en Août. Mais nous reviendrons sur ce sujet lorsque nous étudierons l'évolution du climat dans la dernière partie. Même cette année-là, la côte n'est pas exagérément chaude :

	<u>Cherbourg</u>		<u>Caen</u>		<u>Rouen</u>	
	Tx absolu	Moyenne	Tx absolu	Moyenne	Tx absolu	Moyenne
Juin	31°4	19°2	31°4	21°3	34°4	23°1
Juillet	31°2	19°4	32°6	22°9	37°6	25°3
Août	26°6	20°9	31°3	24°6	34°8	27°9
Septembre	26°2	19°7	32°2	22°	32°6	23°2

Les fortes températures sont dues surtout à l'importance des anticyclones à flux d'Est, essentiellement formés d'air continental.

Les chaleurs exceptionnelles s'observent à l'intérieur.

Les grands froids apparaissent plus fréquemment. Depuis 1950, on compte trois hivers très froids :

1953-1954
1955-1956
1962-1963

En 1954, on a relevé les minima les plus bas à Rouen-Rouvray :

- 14°8 le 28 Janvier 1954
- 15°8 le 6 Février 1954.

Le froid intense débute le 27 Janvier 1954 et dure jusqu'au 8 Février. Pendant ces treize jours, les minima, dans les stations intérieures, ont été inférieurs à - 5°. Du 30 Janvier au 5 Février, le gel est continu. On note, à Alençon, un maximum de - 8°4 le 1er Février. Ces très basses températures correspondent à des anticyclones centrés sur la Scandinavie, dirigeant sur la France un flux d'air polaire continental froid, venant de l'Est.

Ces froids intenses ne sont pas exceptionnels. Des minima inférieurs à - 10° ont été notés :

4 mois de Janvier sur .20 à Caen, 8 à Alençon	
3 " Février	4

Leur durée est extrêmement brève, 3 à 4 jours tout au plus.

Février 1956 est le mois où la moyenne des minima est la plus basse au cours de ces vingt ans.

Moyenne des minima en Février 1956

Cherbourg	- 0°3
Caen	- 6°1
Alençon	- 7°
Rouen	- 7°4

A Rouen-Rouvray, ce mois-là, on a relevé :

27 jours de gel
20 jours où la température a été égale ou inférieure à - 5°
11 jours sans dégel
15 jours où le sol est couvert de neige.

A Alençon comme à Caen, on compte 27 jours de gel sur 29, 16 à Cherbourg-Chontereigne.

Le minimum absolu a été de :

- 6°2 à Cherbourg
- 16°5 à Caen (pendant 22 jours, le sol a été couvert de neige)
- 14°4 à Alençon
- 15° à Rouen-Rouvray.

Pendant tout le mois, les températures sont restées basses. La neige a favorisé le refroidissement. Il y a eu alternance de types de temps anticyclonique (anticyclone scandinave avec flux d'Est ou de Nord-Est) et surtout des temps perturbés froids de Nord et de Nord-Est qui ont provoqué des chutes de neige. Ces types de temps perturbés de Nord expliquent les températures aussi basses que dans les anticyclones les plus froids. Cherbourg et Caen ont eu leur minimum de température par type de temps anticyclonique (anticyclone scandinave à flux de Nord-Est) ; Rouen et Alençon par type de temps perturbé de Nord.

Malgré tout, c'est l'hiver 1962-63 qui reste le plus célèbre tant pour ses basses températures que pour la durée des grands froids. Le froid a duré du 23 Décembre 1962 (déjà le début du mois avait été très froid) au 3 Mars 1963.

Les minima ont atteint :

	<u>Décembre</u>	<u>Janvier</u>	<u>Février</u>	<u>Mars</u>
Cherbourg	- 4°	- 10°1	- 5°1	- 0°7
Caen	- 8°3	- 12°6	- 12°9	- 3°7
Alençon	- 10°1	- 13°1	- 16°	- 6°7
Rouen	- 8°3	- 13°5	- 12°	- 4°

Ces températures dépassent légèrement celles de 1956, mais elles se rapportent à trois mois au lieu d'un.

La moyenne mensuelle des minima est aussi légèrement supérieure à celle de 1956 :

	<u>Décembre</u>	<u>Janvier</u>	<u>Février</u>
Cherbourg	3°2	- 0°4	- 0°2
Caen	- 1°1	- 4°8	- 3°4
Alençon	- 1°7	- 5°2	- 5°9
Rouen	- 1°5	- 5°	- 3°8

Pendant ces quatre mois, on a compté :

40	jours de gel à Cherbourg
63	à La Hève
68	à Caen
72	à Rouen
73	à Alençon

Cette durée du froid explique pourquoi les rivières ont été recouvertes de glace et pourquoi la banquise a commencé à apparaître sur les côtes normandes (R p. 533).

Les anticyclones continentaux à flux de Nord-Est à Sud-Est assez nombreux, mais surtout les types de temps perturbés froids de tous ordres expliquent ces basses températures et les chutes de neige fréquentes.

Pendant tout l'hiver, la circulation méridienne l'emporte. De nombreuses coulées froides sur la côte Est de l'Amérique du Nord favorisent l'établissement de dorsales anticycloniques chaudes sur l'Est de l'Atlantique, provoquant une rupture de la circulation zonale et empêchant l'arrivée de masses d'air maritime sur l'Europe. Les coulées d'air froid, venant du Nord ou du Nord-Est, traversent la Nor-

mandie.

Le caractère exceptionnel de l'hiver 1962-63 ne provient pas de températures beaucoup plus basses que celles d'autres années, mais de la durée des jours froids dus à la très grande fréquence d'anticyclones continentaux et de temps perturbés froids.

B- SÉCHERESSE ET FORTES PLUIES

Un mois comme Mars 1961, où il n'a pas plu à Cherbourg, est très rare. On distingue deux types de sécheresse :

1°- La sécheresse liée à de très basses températures comme en Janvier et Février 1963. Pendant ces deux mois, les précipitations représentent, par rapport à la normale 31-60 :

25 % à Rouen

37 % à Caen

48 % à Alençon

80 % à Cherbourg.

La partie Est de la Normandie est alors plus sèche que la partie occidentale.

Des anticyclones ou les temps perturbés très froids avec des masses d'air continental peu humides expliquent cette sécheresse.

L'hiver 1953-1954 est sec pour les mêmes raisons :

- anticyclones,
- temps perturbés froids à dominante continentale,

En Décembre 1953, il est tombé 7 fois plus de pluie à Cherbourg qu'à Rouen (91 et 13 mm) : les masses d'air maritime pénètrent sur le Cotentin.

2°- Une sécheresse prolongée comme celle de l'été 1959 ou du printemps et de l'été 1961 provient du grand nombre d'anticyclones. Les écarts entre Cherbourg et Rouen sont plus faibles.

De Mars à Septembre 1959, les précipitations représentent un faible pourcentage des pluies habituelles :

Caen	36 %
Rouen	45 %
Alençon	48 %
Cherbourg	52 %

Le mois de Septembre, surtout, a été très sec (23 A, 7 B, 0 CP+R+F).

Ce type de sécheresse est d'autant plus désastreux que les températures sont plus élevées ; l'évaporation est alors intense, les prairies naturelles se dessèchent. Par contre, le tourisme est avantagé.

La sécheresse de 1961 est un peu moins intense, mais elle est plus longue : de Mars à Septembre.

Rouen	54 % du total des précipitations de la normale 1931-1960
Caen	66 %
Alençon	69 %
Cherbourg	72 %

Cette sécheresse est également due au très grand nombre d'anticyclones. Les prairies ont été grillées en Août et en Septembre.

Des sécheresses de plus courtes durées sont fréquentes : un en sur quatre environ.

La plus longue période sans pluie a été de 32 jours en 1911.

Les pluies abondantes sont assez fréquentes en Normandie et les mois où plusieurs stations comptent plus de 200 mm sont plus d'une demi-douzaine (surtout en Octobre, Novembre, Décembre).

Nous allons citer les trois exemples les plus caractéristiques de temps arrosés.

1°- La plus longue période humide a duré d'Août 1960 à Janvier 1961 : en 6 mois, les précipitations ont atteint, dans la majeure partie de la Normandie, le total annuel suivant :

à Rouen, 543 mm, 138 % du chiffre habituel des mêmes 6 mois,

660 mm au cours de l'année, en moyenne, pendant

la période 1931-1960 ;

à Caen, 692 mm, 172 %	moyenne annuelle	690 mm
-----------------------	------------------	--------

à Alençon, 727 mm, 177 %	"	"	724 mm
--------------------------	---	---	--------

à Cherbourg, 941 mm, 154 %	"	"	931 mm
----------------------------	---	---	--------

Le mois le plus arrosé a été Octobre :

160 mm à Rouen

214 mm à Caen

163 mm à Alençon

225 mm à Cherbourg.

De nombreuses stations normandes ont reçu plus de 200 mm :

Saint-Sylvain	212 mm (Seine-Maritime)
Saint-Germain-la-Campagne	214 mm (Eure)
Brémoy	213 mm
Douvres	216 mm (Calvados)
Baupte	212 mm (Manche)
Brix	213 mm (Manche)
Coulouvray-Boisbenâtre	266 mm
Montmartin-sur-Mer	207 mm
Saint-Hilaire-du-Harcouët	223 mm

Les stations les plus arrosées appartiennent au département de la Manche. La station la moins pluvieuse a été la Pointe du Roc avec 92 mm.

Beaucoup de stations ont reçu plus de 40 mm en 24 heures :

Argentan	41 mm le 28
Caen	47 mm le 9
Baupte	41 mm le 25
Brix	45 mm le 25
Cherbourg	44 mm le 8

Ce mois d'Octobre 1960, on a relevé 26 cas de CP+R+F. Les jours les plus arrosés ont correspondu à des temps CPSW ou FSW, déterminés par l'air maritime très humide.

Les températures sont proches de la moyenne ; l'écart à la normale varie entre - 0°1 pour La Hève et + 0°4 pour Alençon et Rouen.

Pendant ces six mois, les temps perturbés sont très nombreux : 126 cas CP+R+F contre 29 anticyclones. Les cas pluvieux sont donc 4,3 fois plus nombreux que les anticyclo-

nes pendant ces six mois (pour les 20 ans, pendant les mêmes six mois, les temps pluvieux ne sont que 2,2 fois plus nombreux que les anticyclones).

Il est exceptionnel que les séquences pluvieuses durent aussi longtemps. Le plus souvent, les fortes pluies s'observent seulement pendant un ou deux mois.

2°- Décembre 1965 est le mois le plus arrosé de ces vingt ans pour l'ensemble de la Normandie. Les précipitations atteignent :

155 mm à Rouen
169 mm à Caen
115 mm à Alençon
290 mm à Cherbourg.

Dans tous les départements, des stations ont reçu 200 mm. Nous ne citerons que les plus arrosées d'entre elles :

Buchy (Seine-Maritime)	275 mm
Valliquerville (Seine-Maritime)	281 mm
Saint-Cormier-des-Landes	322 mm (trois fois le chiffre habituel)
Cerisy-la-Salle (Manche)	347 mm (trois fois et demie la quantité habituelle)
Brix	273 mm
Coulouvray-Boisbenâtre	411 mm

Comme pour Octobre 1960, le nombre de jours de pluie varie entre 21 et 28.

Un certain nombre de stations ont reçu plus de 40 mm en 24 heures :

Fécamp	43 mm le 19
Valliquestville	49 mm le 5
Saint-Cormier-des-Landes	45 mm le 9
Brémoy	47 mm le 24
Cerisy-la Salle (Manche)	74 mm le 24
Coulouvray-Boisbenâtre	53 mm le 19
La Feuillie (Manche)	41 mm le 19

Ce mois de Décembre 1965 compte 26 cas CP+R (dont 15 R). Les plus fortes pluies ont été obtenues par temps de :

RW
CPW
RSW

Il n'y a eu que 2 jours d'anticyclones.

Décembre 1965 est donc un mois très pluvieux car la circulation perturbée touche la Normandie même ou les régions proches.

Les températures de Décembre 1965 sont très douces (aucun temps perturbé froid).

La température moyenne est plus élevée de 1°4 à 2°5, selon les stations, qu'en Octobre 1960.

C'est un temps océanique pluvieux et très doux.

3°- Le mois d'Août 1968 (R p. 534) peut être considéré comme un mois exceptionnel. Il est très pluvieux en Haute Normandie et sec dans la Manche :

251 mm à Dieppe et 22 mm au Cap de La Hague. L'écart paraît incroyable !

Il est tombé :

215 mm à Buchy
228 mm au Tréport.

La station la plus arrosée de l'Eure est Lyons-la-Forêt : 154 mm.

de l'Orne : Saint-Cormier-des-Landes	110 mm
du Calvados : Brémoy	126 mm
de la Manche : Beauvoir et Coulouvray-Boisbenâtre	85 mm

Les stations les moins arrosées :

Seine-Maritime : La Hève	92 mm
l'Eure : Alençon et la Ferrière-au-Doyen	27 mm
le Calvados : Longues	54 mm
la Manche : Pointe du Roc	23 mm
La Hague	22 mm

La diminution de la pluviosité vers l'Ouest et le Sud est remarquable.

Le nombre de jours de pluie est bien plus faible que dans le cas précédent :

15 à Buchy
18 à Dieppe.

Mais certains jours, la quantité de pluie tombée a été catastrophique :

en 24 heures, la hauteur des précipitations a atteint :

42 mm le 5 à Breteuil
45 mm le 5 à Lyons-la-Forêt
44 mm le 6 à Auzeposc
46 mm le 9 à Buchy
55 mm le 6 à Neufchatel-en-Bray
91 mm le 6 au Tréport

101 mm le 6 à Dieppe, 121 mm en 30 heures.

Le terme d'exceptionnel prend alors toute sa valeur.

Si l'on récapitule les types de temps du mois d'Août 1968, on compte :

10 A
2 MA
2 CP
6 R
11 F

soit 19 CP+R+F.

Les très fortes précipitations appartiennent au type de FSW le 5 et le 6, et FNW le 9.

Nous allons étudier le 6 qui a provoqué les 101 mm de pluie à Dieppe (R p. 535-536).

Nous retrouvons tous les caractères qui expliquent les fortes pluviosités des temps perturbés froids de Sud-Ouest :

- au sol : occlusion de la perturbation 41 a, qui est restée une bonne partie de la journée ou qui est revenue sur la Haute Normandie ;

- dépression D4 dont le centre est également sur la Haute Normandie ;

- en altitude, une coulée froide dont l'axe correspond à la vallée de la Somme et une vallée dont l'axe correspond à la vallée de la Seine. Une petite dorsale chaude recouvre la moitié Sud-Ouest de la Normandie.

Toutes ces raisons expliquent l'extrême instabilité de l'air au-dessus de la Normandie. La masse instable qui arrive de la mer à Dieppe, rencontrant les falaises, s'élève. Les phénomènes d'ascendance et de convergence (liés aux forces de frottement) sont donc renforcés. Ces conditions durent pendant une trentaine d'heures. D'où la quantité anormale des pluies.

L'Ouest et le Sud-Ouest de la Normandie, plus à l'écart, reçoivent des précipitations plus faibles.

La carte des précipitations de ce mois d'Août 1968 (R p. 534) montre donc essentiellement la sensibilité des diverses régions normandes aux temps perturbés froids maritimes (en particulier à FSW), à la différence de la carte R p.480, qui souligne la répartition des pluies par temps perturbés froids "continentaux" essentiellement.

Les pluies abondantes sont des phénomènes assez courants en Normandie, et seuls quelques jours peuvent prétendre au qualificatif d'exceptionnel.

C- LES MEFaits DU VENT

Les tornades ne sont pas rares. Pour la période de 1951 à 1973, trois exemples de vents violents seront étudiés, dans trois régions différentes :

- une petite "tempête" en Haute Normandie,
- un bon coup de vent qui a privé la région de Cherbourg d'électricité,
- et la tornade qui a ravagé Evreux.

Les vents de plus de 100 km à l'heure sont fréquents dans toutes les régions de Normandie.

Le Plan ORSEC a fonctionné du 1er au 5 Novembre 1967 dans la région de Coutainville en raison de la conjonction d'une marée de coefficient 112 et d'un vent d'Ouest soufflant à 140 km/h. La mer a reconquis sur la terre de 6 à 15 mètres, selon les lieux, dans la région de Montmartin.

Des villes ont été éventrées.

1°- Un exemple assez caractéristique de ces tempêtes est celle qui a soufflé le 28 Mars 1972. De fortes rafales de vent sont observées dans la nuit du 27 au 28 et dans la journée du 28. La tempête retarde l'arrivée des bateaux au Havre et les Hovercrafts qui assurent la liaison entre le continent et l'Angleterre doivent interrompre leur service. Dans le Calvados, le record absolu a été atteint avec un vent de 83,4 km/h. Le vent venant d'Ouest, la côte de la Seine-Maritime est la plus touchée :

- au sémaphore du Havre (relativement abrité de l'Ouest), le vent souffle à 85 km/h et les creux des vagues au bateau-phare atteignaient 4,5 m. Au sémaphore de La Hève, sur le sommet de la falaise, l'anémomètre indique 162 km/h dans la nuit, et la vitesse dépasse 120 km/h à plusieurs reprises dans la journée. A Dieppe, les bateaux de pêche n'ont pas pu sortir. Au large, les creux des vagues dépassent 5 mètres (Photo N° R p. 537). Des arbres, des lignes téléphoniques, ont été renversés dans la région de Lillebonne ; une route a été coupée par des arbres abattus. A Rouen-Boos, pourtant loin de la mer, la vitesse atteignait encore 94 km/h.

L'explication de cette tempête est fort simple : au passage du front froid et dans la traîne, les coups de vent sont nombreux ; le gradient barométrique est très élevé. Les isobares les plus rapprochées correspondant au flux le plus rapide (carte R p. 538) couvrent la haute Normandie.

La fréquence des forts gradients barométriques explique cette violence des vents en Normandie.

2°- La tempête du 12 Février 1970 est également très violente. A La Hève, la vitesse du vent a été la plus forte : 133 km/h. Même à l'intérieur, on note :

112 km/h à Rouen-Boos

101 km/h à Evreux.

Dans le Cotentin, la neige avait formé des manchons de glace autour des fils électriques. Quinze cents pylônes, un millier de poteaux téléphoniques ont été mis hors d'usage. Toute la partie du Cotentin, au Nord d'une ligne Lessay-Carentan, a été privée d'électricité.

Le passage de la dépression D8 accompagnant la perturbation 7D au Nord de la Normandie a causé la tempête. La dépression 980 mb (Voir carte R p. 539) est très creuse. Le vent le plus violent à Rouen-Boos souffle à 18 h.18. D8 à cette heure-là quitte la Normandie. L'air converge violemment vers elle après son passage.

3°- La trombe du 4 mai 1961 a représenté une catastrophe pour tout le Sud : fermes endommagées, quartiers d'Evreux sinistrés, morts ... Les journaux, divers articles techniques ont essayé d'expliquer ce phénomène. Quelles sont les causes de la catastrophe ?

1- Une coulée d'air tropical maritime chaud s'avance vers le Nord, au cours de la journée. Elle apparaît avec netteté sur la carte de la surface de 500 mb (R p. 540 à 542). Cet air est très chaud, 26 à 29°. Sa progression vers le Nord est gênée par l'air polaire maritime plus frais (15 à 25°), qui constitue le secteur chaud de la perturbation 17 d. Une frontogénèse active se développe alors au point

double (Sud de la Normandie) ; le secteur chaud disparaît rapidement.

2- Un rapide courant d'altitude traverse la région et renforce l'ascendance de l'air chaud, surtout intense au Sud de la Normandie. Une trombe se développe, correspondant au centre de la perturbation interne. Elle détruit tout sur son passage. En dehors de cette bande étroite, les vents restent modérés.

EN RÉSUMÉ, trois causes essentielles expliquent la violence des vents :

- 1°- Un fort gradient barométrique,
- 2°- Le passage sur la Normandie, ou à proximité, du centre d'une dépression,
- 3°- Le passage du point double ou triple d'une perturbation en voie d'occlusion rapide.

Ces trois situations sont fréquentes en Normandie.

C O N C L U S I O N
DE LA TROISIÈME PARTIE

La position de la Normandie par rapport aux trajectoires des perturbations explique la variété du temps. On distingue les cas suivants :

1)- Aucune perturbation ne traverse notre région :

- . Pas de pluie,
- . des températures contrastées,
- . des vents faibles.

L'influence de la direction des masses d'air, la proximité de la mer, les conditions locales créent des contrastes, parfois importants, entre les diverses stations normandes.

2)- Une perturbation approche :

- . La nébulosité augmente,
- . l'amplitude thermique décroît,
- . les vents se renforcent.

Si la trajectoire passe au Nord de la Normandie, les températures restent douces. Quand la trajectoire passe au Sud, le froid gagne notre région. La position des stations par rapport aux trajectoires explique la variation du temps d'un endroit à l'autre.

3)- Le centre de la perturbation traverse la Normandie :

- . La pluie tombe avec abondance.
- . Les températures deviennent plus uniformes et l'amplitude faiblit.

D'un bout à l'autre de la Normandie, le temps est très uniforme.

Selon les types de temps, les contrastes locaux apparaissent ou s'atténuent. D'une saison à l'autre, d'une année à l'autre, les nuances régionales du climat normand varient car la répartition des types de temps n'est pas identique. Ce phénomène explique le caractère presque insaisissable du climat normand.
